

HL 线切割控制系统加工操作指南

一、系统简介：

HL®系统是目前国内最广受欢迎的线切割机床控制系统之一，它的强大功能、高可靠性和高稳定性已得到行内广泛认同。

HL-PCI版本将原**HL**®卡的ISA接口改进为更先进的PCI接口，因为PCI接口的先进特性，使得**HL-PCI**卡的总线部份与机床控制部分能更好地分隔，从而进一步提高**HL**®系统的抗干扰能力和稳定性。而且安装接线更加简单、明了，维修方便。**HL-PCI**卡对电脑配置的要求不高，而且兼容性比ISA卡更好。不需硬盘、软盘也能启动运行。

二、主要功能：

- 1、一控多功能,可在一部电脑上同时控制两部或以上机床切割不同的工件,并可一边加工一边编程。
- 2、锥度加工采用四轴 / 五轴联动控制技术。上下异形和简单输入角度两种锥度加工方式,使锥度加工变得快捷、容易。可作变锥及等圆弧加工。
- 3、模拟加工,可快速显示加工轨迹特别是锥度及上下异形工件的上下面加工轨迹,并显示终点坐标结果。
- 4、实时显示加工图形进程,通过切换画面,可同时监视四台机床的加工状态,并显示相对坐标X、Y、J 和绝对坐标X、Y、U、V等变化数值。
- 5、断电保护,如加工过程中突然断电,复电后,自动恢复各台机床的加工状态。系统内储存的文件可长期保留。
- 6、可对基准面和丝架距作精确的校正计算,对导轮切点偏移作U向和V向的补偿,从而提高锥度加工的精度,大锥度切割的精度大大优于同类软件。
- 7、浏览图库,可快速查找所需的文件。
- 8、钼丝偏移补偿(无须加过渡圆),加工比例调整,坐标变换,循环加工,步进电机限速,自动短路回退等多种功能。
- 9、可从任意段开始加工,到任意段结束。可正向 / 逆向加工。
- 10、可随时设置(或取消)加完工当段指令后暂停。
- 11、暂停、结束、短路自动回退及长时间短路(1分钟)报警。
- 12、可将AUTOCAD的DXF格式及ISOG格式作数据转换。
- 13、系统接入客户的网络系统、可在网络系统中进行数据交换和监视各加工进程(选项)。
- 14、加工插补半径可达200米。
- 15、机床加工工时自动积累,便于生产管理。
- 16、为中速走丝机床设计的多次切割功能。

三、操作使用：

上电后,电脑即可快速进入本系统,选择1. RUN运行,按回车键即进入主菜单。在主菜单下,可移动光标或按相应菜单上红色的字母键进行相应的作业。

1、 文件调入：

切割工件之前，都必须把该工件的 3 B 指令文件调入虚拟盘加工文件区。所谓虚拟盘加工文件区，实际上是加工指令暂时存放区。

操作如下：

首先，在主菜单下按 F 键，然后再根据调入途径分别作下列操作：

① 从图库 W S - C 调入：

按回车键，光标移到所需文件，按回车键、按 E S C 退出。

注：图库 W S - C 是系统存放文件的地方，最多可存放约 3 0 0 个文件。更换集成度更高的存储集成块可扩充至约 1 2 0 0 个文件。存入图库的文件长期保留，存放在虚拟盘的文件在关机或按复位键后自动清除。

② 从硬盘调入：

按 F 4、再按 D，把光标移到所需文件，按 F 3，把光标移到虚拟盘，按回车，再按 E S C 退出。

③ 从软盘调入：

按 F 4，插入软盘，按 A，把光标移到所需文件，按 F 3，把光标移到虚拟盘，按回车键，再按 E S C 退出。

注：运用 F 3 键可以使文件在图库、硬盘、软盘三者之间互相转存。本系统不用硬盘、软盘，单用图库 W S - C 也能正常工作。

④ 修改 3 B 指令：

有时需临时修改某段 3 B 指令。操作方法如下：在主菜单下，按 F 键，光标移到需修改的 3 B 文件，按回车键，显示 3 B 指令，按 I N S E R T 键后，用上、下、左、右箭头键、PgUp 及 PgDn 键即可对 3 B 指令进行检查和修改，修改完毕，按 E S C 退出。

⑤ 手工输入 3 B 指令：

有时切割一些简单工件，如一个圆或一个方形等，则不必编程，可直接用手工输入 3 B 指令，操作方法如下：

在主菜单下按 B 键，再按回车键，然后按标准格式输 3 B 指令。

例如：B 3000 B 4000 B 4000 G Y L 2，如坐标值为零则可省略。

例如：B B B 5 0 0 0 G X L 3。输入完一条后，按回车键，再输入下一条，输入完毕，按 E S C 退出。手工输入指令自动命名为 N O N . B。

⑥ 浏览图库：

本系统有浏览图库的功能，可快速查找到所需的文件，操作如下：

在主菜单下按 T a b 键，则自动依次显示图库内的图形及其对应的 3 B 指令文件名。按空格键暂停，按空格键继续。

2、模拟切割

调入文件后正式切割之前，为保险起见，先进行模拟切割，以便观察其图形（特别是锥度和上 下异形工件）及回零坐标是否正确，避免因编程疏忽或加工参数设置不当而造成工件报废。操作如下：

① 在主菜单下按 X，显示虚拟盘加工文件（3 B 指令文件）。如无文件，须退回主菜单调入加工文件（见文件调入一节）。

- ② 光标移到需要模拟切割的 3 B 指令文件，按回车键，即显示出加工件的图形。如图形的比例太大或太小，不便于观察，可按 +、- 键进行调整。如图形的位置不正，可按上、下、左、右箭头键、PgUp 及 PgDn 键调整。
- ③ 如果是一般工件（即非锥度，非上下异形工件）可按 F 4、回车键，即时显示终点 X、Y 回零坐标。
- ④ 锥度或上下异形工件，须观察其上下面的切割轨迹。按 F 3，显示模拟参数设置子菜单，其中限速为模拟切割速度，一般取最大值 4 0 9 6，用左、右箭头键可调整。按 G、回车键，进入锥度参数设置子菜单，如下：

锥度设置子菜单：

Degree	锥 度	— 1. 设置锥度角度 [注 1]
File2	异形文件	— 2. 按 [Enter] 键选择上图文件 [注 2]
Width	工件厚	— 3. 工件厚，参照附图 1
Base	基准面高	— 4. 尺寸面与下导轮中心距离，参照附图 1
Height	丝架距	— 5. 机床丝架距（导轮中心距），参照附图 1
Idler	导轮半径	— 6. 导轮半径（作切点补偿用），不需要时可设为 0 [注 3]
Vmode	锥度模式	— 7. 锥度机构模式：小拖板/摇摆导轮/摇摆丝架 [注 4]
Y diff.	Y 相差	— 8. 修正大锥度（25 度以上）切割的 Y 向误差 [注 5]。
Rmin	等圆半径	— 9. 等圆半径（最小 R 值），加工图形中小于该 R 值的圆弧将作等圆弧处理 [注 6]
Cali.	校正计算	— 10. 对基准面高 Base 和丝架距 Height 作校正计算 [注 7]

设置方法：按回车键后，输入数值（单位：1：角度，3，4，5，6，7：mm）。

再按回车键。

[注 1]：锥度角按单边计，单位是度，十进制。如非十进制先要转换成十进制（例： $1^{\circ} 30' = 1.5^{\circ}$ ）。

逆时针方向切割时取正角度工件上小下大（正锥）；取负角度则工件上大下小（倒锥）。顺时针方向切割时情况刚好相反。本系统可作变锥切割。参照附例 1。

[注 2]：选取此项菜单可作上下异形加工，File2 为工件上面图形，将光标移到所需文件，按回车键，调入上图文件，按 ESC 即可显示上下图形叠加。参照附例 2。

[注 3]：作切点偏移补偿，输入导轮的半径值即可。

[注 4]：按三下 ENTER 修改，对于小拖板和摇摆导轮模式的锥度机构，本系统对 U 向和 V 向都作了导轮切点的补偿。对于摇摆丝架模式，则只对 U 向作了导轮切点的补偿。

[注 5]：割大锥度（25 度以上）时，先试割一方形锥体，将两条 Y 向边的误差测量出来，输入该参数（单位：mm），即可修正大锥度 Y 向误差。由于该误差是机械原因导致，每次切割可能需要重新测量。

[注 6]：一经输入等圆弧半径值，则工件中凡半径小于所设等圆弧半径值的圆弧将以各自圆弧的半径值作等圆弧切割。如果只希望某指定圆弧作等圆弧切割，其余按正常锥度切割，则可在 3 B 指令文件中该指定圆弧的 3 B 指令段前插入 ER 字母即可，其操作方法可参考附例 1 变锥切割。

[注 7]: 在测量丝架距和基准面高不很准确的情况下 (要求尽可能准确), 可先切割出一个 2~3 度的锥度圆柱体, 然后实测锥度圆柱体的上下直径, 输入电脑即可自动计算出精确的丝架距和基准面高。

锥度参数设置完毕后, 按 E S C 退出, 按 F 1、回车键, 再按回车键, 即可开始进行模拟切割。切割完毕, 显示终点坐标值 X'、Y'、U、V。Umax、Vmax 为 U V 轴在切割过程中最大移动距离, 此数值不应超过 U V 轴的最大允许行程。模拟切割结束后, 按空格键、E、E S C 返回主菜单。

3、正式切割

经模拟切割无误后, 装夹工件, 开启丝筒、水泵、高频, 可进行正式切割。

- ① 在主菜单下, 选择加工 # 1 (只有一块控制卡时只能选加工 # 1。如同时安装多块控制卡时, 可选择加工 # 2、加工 # 3、加工 # 4), 按回车键、C, 显示加工文件。
- ② 光标移到要切割的 3 B 文件, 按回车键, 显示出该 3 B 指令的图形, 调整大小比例及适当位置 (参考模拟加工一节)。
- ③ 按 F 3, 显示加工参数设置子菜单如下:

加工参数设置:

V. F.	变频	—1. 切割时钼丝与工件的间隙, 数值越大, 跟踪越紧
Gap Volt	间隙	—2. 跟踪电压, 即钼丝与工件的放电距离 (参照多次切割参数)
Offset	补偿值	—3. 设置补偿值 / 偏移量, [注 1]
Grade	锥度值	—4. 按 [Enter] 键, 进入锥度设置子菜单 [注 2]
Ratio	加工比例	—5. 图形加工比例
Axis	坐标转换	—6. 可选八种坐标转换, 包括镜像转换
Loop	循环加工	—7. 循环加工次数, 1: 一次, 2: 二次, 最多 2 5 5 次
Speed	步速	—8. 进入步进电机限速设置子菜单 [注 3]
XYUV	拖板调校	—9. 进入拖板调校子菜单
Process	控制	—10. 按 [ENTER] 键进入控制子菜单
Hours	机时	—11. 机床实际工作小时

设置方法:

1. 5. 6. 7. 8. 9. 按 [Enter], [PageUp], [PageDown] 或左右箭头键
2. 3. 4. 按 [Enter] 后, 输入数值 (单位: 2: mm, 3: 角度)

限速设置子菜单:

X Y	speed	速度	—1. X Y 轴工作时的最高进给速度 (单位: μ /秒, 下同)
U V	speed	速度	—2. U V 轴工作时的最高进给速度
X Y	limit	限速	—3. X Y 轴快速移动时的最高进给速度
U V	limit	限速	—4. U V 轴快速移动时的最高进给速度

调校方法: 按 [Enter], [PageUp], [PageDown] 或左右箭头键

拖板调校子菜单:

X Y	拖板调校	— 1. 调校 / 移动 X Y 拖板 [注 5]
U V	拖板调校	— 2. 调校 / 移动 U V 拖板 [注 5]
Motor	步距角	— 3. 设置机床步进系统的步距角 [注 4] 3 / 3 : 三相三拍 6 / 3 : 三相六拍 10 / 5 : 五相十拍 5 Axis. 6 / 3 : 五轴控制

调校方法:

1. 2. 按 [Enter] 后, 箭头键调校, 空格键置零 (单位: μ)
3. 连续按三次 [Enter] 才可更改

Process 参数设置:

AutoBack 回退 0 sec	— 1. 短路回退选择 [注 6]
Hfdelay 清角 0 sec	— 2. 清角时间选择 [注 7]
AutoOff 自动停 On	— 3. 自动停设置 On 或 Off [注 8]
X pitch 齿补 0	— 4. X 轴往复虚位 [注 9]
Y pitch 齿补 0	— 5. Y 轴往复虚位
U pitch 齿补 0	— 6. U 轴往复虚位
V pitch 齿补 0	— 7. V 轴往复虚位

[注 1]: 补偿方法: 沿切割前进方向, 钼丝向左边偏移取正补偿, 钼丝向右边偏移取负补偿. 不必加过渡圆, 但必须是闭合图形. 如在编程时已作钼丝偏移补偿, 则此处不能再补偿, 应设为 0。

[注 2]: 锥度设置参照模拟加工一节。

[注 3]: limit 限速是防止拖板快速移动时步进电机速度过快导致失步. 不同型号的机床其限速值有所不同, 可通过实践取得. 限速值设定后不应随便更改. Speed 速度是拖板实际工作时的最高进给速度, 设定合适的速度配合变频调整 (V . F.), 可使切割跟踪稳定. 工件越厚, 其步进速度值应越小, 在加工过程中可以调整。

[注 4]: 步距角即步进电机的工作方式, 对每一型号的机床来说, 步距是固定的. 一经设定, 不可随意更改, 否则会报废工件. 所以, 为保险起见, 要连续按 3 次回车键才可以更改。

[注 5]: 按回车键后, 按上下左右箭头键, 可使 X、Y、U、V 拖板移动, 按一下走一步 (用于维修), 按住不放则连续移动 (用于校正工件)。

如按回车键后输入数值, 开高频、进给、此数值可当作一条直线指令进行切割。

[注 6]: 短路回退选择, 每按一次回车键增加 5 秒 (sec), 最大为 35 秒. 此时间为短路发生后多少秒之后自动进入回退, 短路消失后立即自动恢复前进. 持续回退 1 分钟仍未排除短路, 则自动停机报警. 设置 osec(0 秒)时为手动回退, 即短路时需人工操作进入回退, 排除短路后人工操作恢复前进. 如发生短路持续 1 分钟后无人工干预, 则自动停机报警。

[注 7]: 每段指令加工完后高频停留的时间, 用于清角, 清角时间选择, 设置为 0sec (0 秒) 为

无清角功能。每按一次回车键增加 1 秒，最大 15 秒。

[注 8]: 自动停设置，按回车键选择自动停功能的 On 或 Off。

[注 9]: 各轴的往复虚位（齿补），单位： μ ，连续按 3 次回车键再用左右箭头键修改，数值为 0 时，表示机床的该轴无虚位，最大允许虚位为 31 微米（ μ ）。

④ 各参数设置完毕，按 E S C 退出。按 F 1 显示起始段 1，表示从第 1 段开始切割。（如要从第 N 段开始切割，则按清除键清除 1 字，再输入数字 N）。再按回车键显终点段 X X。（同样，如果要在第 M 段结束，用清除键清除 X X，再输入数字 M），再按回车键。

⑤ 按 F 1 2 锁进给（进给菜单由蓝底变浅绿，再按 F 1 2，则由浅绿变蓝，松进给）按 F 1 0 选择自动（菜单浅绿底为自动，再按 F 1 0，由浅绿变蓝为手动）按 F 1 1 开高频，开始切割。（再按 F 1 1 为关高频）。

⑥ 切割过程中各种情况的处理：

A、跟踪不稳定

按 F 3 后，用向左、右箭头键调整变频（V. F.）值，直至跟踪稳定为止。当切割厚工件跟踪难以调整时，可适当调低步进速度值后再进行调整，直到跟踪稳定为止。调整完后按 E S C 退出。

B、短路回退

发生短路时，如在参数设置了自动回退，数秒钟后（由设置数字而定），则系统会自动回退，短路排除后自动恢复前进。持续回退 1 分钟后短路仍未排除，则自动停机报警。如果参数设置为手动回退，则要人工处理：先按空格键，再按 B 进入回退。短路排除后，按空格键，再按 F 恢复前进。如果短路时间持续 1 分钟后无人处理，则自动停机报警。

C、临时暂停

按空格键暂停，按 C 键恢复加工。

D、设置当段切割完暂停，按 F 键即可，再按 F 则取消。

E、中途停电

切割中途停电时，系统自动保护数据。复电后，系统自动恢复各机床停电前的工作状态。首先自动进入一号机画面，此时按 C、F 1 1 即可恢复加工。然后按 E S C 退出。再按相应数字键进入该号机床停电前的画面，按 C、F 1 1 恢复加工。余此类推。

F、中途断丝

按空格键，再按 W、Y、F 1 1、F 1 0，拖板即自动返回加工起点。

G、退出加工

加工结束后，按 E、E S C 即退出加工返回主菜单。加工中途按空格键再按 E、E S C 也可退出加工。退出后如想恢复，可在主菜单下按 [Ctrl] 加 W（1 号机），对于 2 号机按 [Ctrl] 加 O，3 号机按 [Ctrl] 加 R，4 号机按 [Ctrl] 加 K。

⑦ 逆向切割

切割中途断丝后，可采用逆向切割，这样一方面可避免重复切割、节省时间，另一方面可避免因重复切割而引起的光洁度及精度下降。操作方法：在主菜单下选择加工，按回车键、C，调入指令后按 F 2、回车键，再按回车键，锁进给，选自动，开高频即可进行切割。

⑧ 自动对中心:

在主菜单下, 选择加工, 按回车键, 再按 F、F 1 即自动寻找圆孔或方孔的中心, 完成后显示 X、Y 行程和圆孔半径。按 [Ctrl] 加箭头键, 则碰边后停, 停止后显示 X、Y 行程。

4、编程:

本系统提供编辑编程(会话式编程)和绘图式编程两种自动编程系统, 具体操作可参考说明书(另附)。有两点需注意:

① 编程时数据存盘及程序存盘, 只是把图形文件 X X . D A T 及 3 B 指令文件 X X . 3 B 存放在虚拟盘里, 而虚拟盘在关机或复位后是不保留的, 所以, 还需把这些文件存入图库或硬盘、软盘里, 方法是: 编程完毕退出, 返回主菜单, 按 F, 可看到刚编程的图形文件及 3 B 指令文件, 把光标移到该文件, 按 F 3, 再选择图库或硬盘、软盘, 按回车键即可。

② 编程时, 如果想把已存在于图库或硬盘、软盘里的图形文件 (X X . D A T) 调出来用时, 应先把该图形文件调入虚拟盘。

5、格式转换:

在主菜单下按 T 键, 插入装有 D X F 格式或 G 格式文件的磁盘, 再按提示操作即可。DXF 文件必须为 AutoCAD R12 的 DXF 格式。当有效段数大于 500 时, DAT 文件自动分为多个文件。

用户也可用绘图编程 Towedm 的“数据接口”来直接读入 DXF 格式文件, 这样处理 DXF 文件, 将没有段数的限制, 也能支持 AutoCAD 的 R14 及 R2000 版本。请参照下一章《Towedm 线切割编程系统用户指南》的 1. 1 节。

6、网络应用

本系统有网络功能, 有条件的用户, 可构建一局域网, 把机床控制与模具设计的电脑连接起来。模具设计产生的数据文件, 可通过网络传送至机床控制电脑进行加工。

注: 网络应用为选项, 有需要的用户提出要求才加装此功能。

附例 1: 变锥切割

变锥切割时, 须把要切割的 3 B 程序调出来, 根据实际需要, 在相应 3 B 程序前输入锥度角。以右图为例 (设已编程存在图库里):

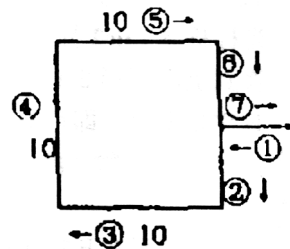
a. 在主菜单下按 F 再按回车, 把图库 W S — C 的文件调出来, 把光标移到要切割的 3 B 文件, 按回车, 即显示 3 B 程序。

```

N 1: B B B 5 0 0 0 G X L 3
N 2: B B B 5 0 0 0 G Y L 4
N 3: B B B 1 0 0 0 0 G X L 3
N 4: B B B 1 0 0 0 0 G Y L 2
N 5: B B B 1 0 0 0 0 G X L 1
N 6: B B B 5 0 0 0 G Y L 4
N 7: B B B 5 0 0 0 G X L 1

```

b. 假设②③段的锥度角为 2 度



把光标移到N 2：之前，按回车，输入DEG = 2

假设④段的锥度角为 5° 。

把光标移到N 4：之前，按回车，输入DEG = 5

假设⑤段的锥度为 0° 。

把光标移到N 5：之前，按回车，输入DEG = 0

第⑥段的锥度与第②段的锥度角相同。

把光标长工到N 6：之前，按回车，输入DEG = 2

即：

```
N 1： B B B 5 0 0 0 G X L 3
      D E G = 2
N 2： B B B 5 0 0 0 G Y L 4
N 3： B B B 1 0 0 0 0 G X L 3
      D E G = 4
N 4： B B B 1 0 0 0 0 G Y L 2
      D E G = 0
N 5： B B B 1 0 0 0 0 G X L 1
      D E G = 2
N 6： B B B 5 0 0 0 G Y L 4
N 7： B B B 5 0 0 0 G X L 1
```

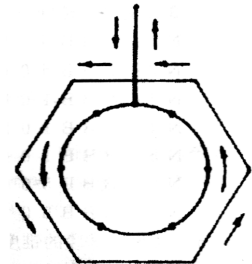
- c. 完成变锥角度设定后，按F 3，回车，把3 B指令储存。按ESC退出，即可进行变锥切割。通过模拟切割，显示出变锥图形，读者可加深变锥切割操作的体会。切割时，3 B程序中插入的锥度角，将与F 3参数里的锥度角相加，因此，变锥切割时F 3参数里的锥度角一般设为0。

注：用上下异形切割方法也可以进行变锥切割，对变锥工件的上下面图形分别编程，生成上下图形两个3 B指令文件，即可用上下异形切割方法进行变锥切割。

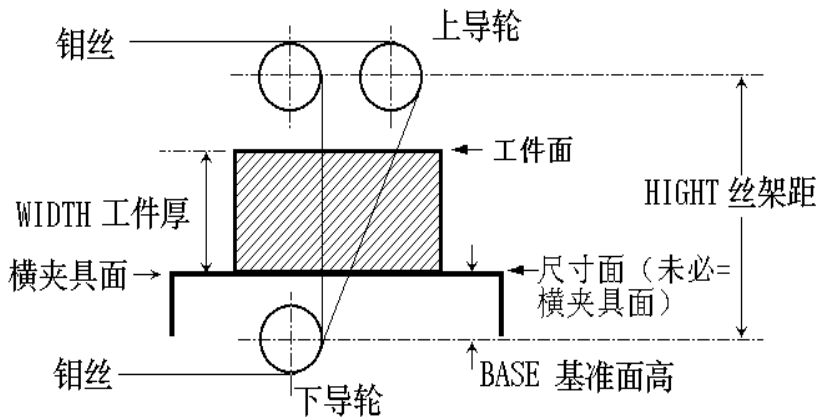
附例 2： 上下异形切割：

上下异形切割，须把工件的上下面图形分别编程，生成2个3 B指令文件，存放在图库里，以右图为例：设圆形为工件上面图形，六边形为工件下面图形，其3 B指令文件已存放在图库（或硬盘，软盘）里。

- ① 先调入下面图形3 B指令文件。
- ② 按F 3、G进入锥度参数设置子菜单。
- ③ 光标移到File2异形文件，按回车，再把光标移到上面图形3 B指令文件，按回车，再按ESC退出，即可显示上下两个图形叠加。
- ④ 把F 1，回车，再按回车，即开始模拟切割。



注：当上下图形 3 B 指令段数相同时，上下图形的每段指令同步开始，同步结束；当上下图形 3 B 指令段数不同时，须在编程时对指令段数少的图形进行分段，使上下图形指令段数相同，其对应位置可根据需要来确定（如右图）。上下异形加工时一定要上下图形从同一个起点加工。且上下图形的加工方向要相同。不能一个图顺时针，另一个图逆时针方向加工。上下异形模拟切割结束时，要注意 U V 轴的最大行程 U_{max} 、 V_{max} 的数值（画面有显示）是否超过机床 U V 轴的实际最大行程，如果超过的话，则要修改图纸尺寸重新编程或调低丝架高度，使模拟结束后 U_{max} 、 V_{max} 的数值不超过机床 U V 轴的最大行程方可进行正式切割。一般来说，同样的图形和同样的角度，丝架高度越低，U V 轴的行程越小。



[附图 1] 小拖板锥度方案

上图为小拖板式的锥度结构形式，对于杠杆式锥度结构方案（又名摇臂式，摇杆式），基准面高（B A S E）应由杠杆点起计算（即为摇摆支点，对于小拖板式，摇摆支点也即下导轮中心点），丝架距（H I G H T）应为杠杆点至下导轮中心的距离。即在锥度设置子菜单中：

Base 基准面高： 尺寸面的高度，即尺寸面与摇摆支点的距离。（通常为横夹具面）

Hight 丝架距： 上导轮中心距与摇摆支点的距离。

Width 工件厚： 工件的厚度。

上述三个参数的准确性对锥度加工的精度很关键，特别是对于上下异形切割。关于如何得出精确的基准面高和丝架距，请参看〈模拟切割〉一节的[注 6]。

四. 应用网络 (选项)

网络系统为 WINDOWS 网络服务, 支持网卡限 REL8139, NE2000 兼容卡[注 1], 和 PCI8029。

(1): 把网络中的任一台 WIN9X 电脑设置 “MICROSOFT 网络文件和打印共享” 功能。具体步骤:

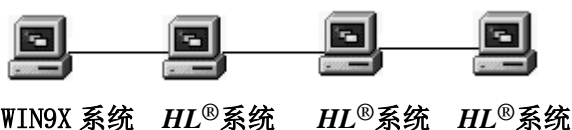
1. 选 “控制面板”, 点选 “网络”, “添加”, “服务”, 厂商选取 “MICROSOFT”, 网络服务选取 “MICROSOFT 网络上的文件和打印机共享”, 按 “确定”。
2. 选 “控制面板”, 点选 “网络”, “添加”, “协议”, 厂商选取 “MICROSOFT”, 网络协议选取 “IPX/SPX”, 按 “确定”。
3. 选 “控制面板”, 点选 “网络”, 点选 “标识”, 计算机名改为 HL, 工作组改为 HAOLIN, 按 “确定”, 重新启动。
4. 在 C: 或 D: 开设一个名为 HL\WSNCP 的文件夹, 然后将其设为完全共享。
5. 如为 WIN2000 或 WIN XP 系统, 还需开设一用户名为 WIRE 的无密码用户, 并确保文件夹 HL\WSNCP 对用户 WIRE 完全共享。

(2): **HL**®数控系统的设置:

1. 开机→主画面→系统参数→AUTOP.CFG 设置, 按左右箭头键调节 AUTOP.CFG 值, 网络上的每一台 **HL**®电脑的 AUTOP.CFG 设置都不能相同, 因 **HL**®系统以该值作为计算机名。
2. 如 **HL**®电脑装有硬盘, 系统起动后, 退回 DOS 方式, 然后把虚拟盘里的内容全部 COPY 到 D:\WSNCP。

HL®数控系统起动后, 退回 DOS 方式, 键入 2000/8029/8139 (视电脑安装网卡而定), 如网络连接正常, 则会自动将计算机名为 HL 的 WIN9X 电脑中的 HL 文件夹映射为一个 U: 盘。键入 HL 返回 **HL**®数控系统, 在[文件调入]中按 F4 可看到有一个 U: 盘的存在。

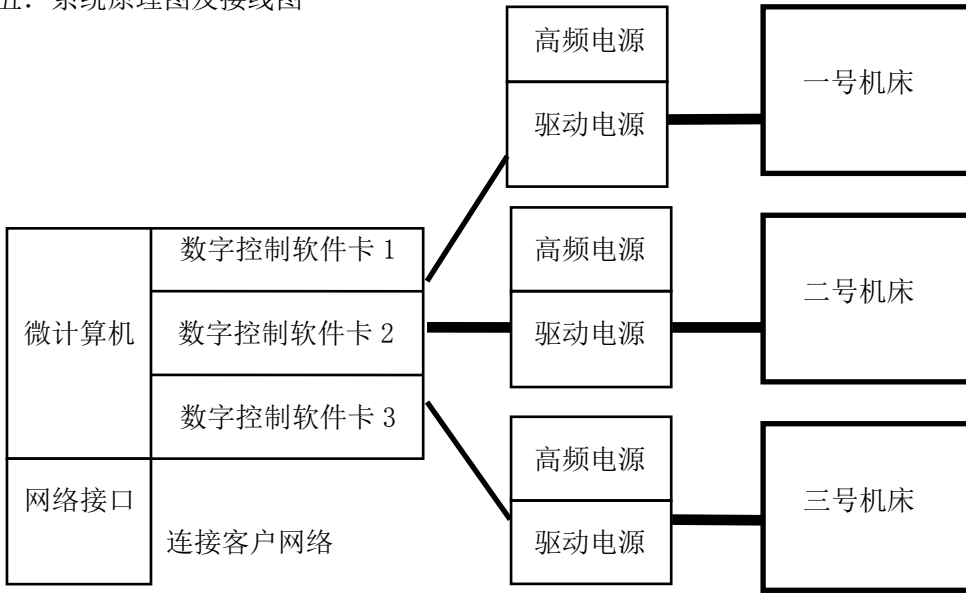
在网络中的任一台电脑上, 可通过该 **HL**®电脑上的 HL 文件夹来进行数据文件交换, 如拷贝 3B 文件到该目录, 线切割控制台可即时对该文件进行调入、加工。



HL PCI 卡和 ISA 卡的 V538 以后, 网络版都已自带 AUTOP 和 TOWEDM, 无须做旧版本拷贝 P20.EXE 这一步骤。

[注 1]: 如用 NE2000 网卡, 须将卡设为 INT5, PORT380。

五. 系统原理图及接线图

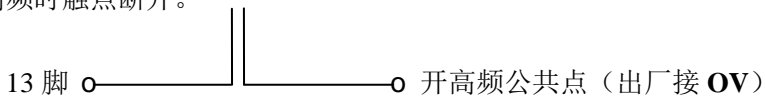


1. 数字控制接口卡接插头 (专利号: ZL200320116897.1, 200620058536.X):

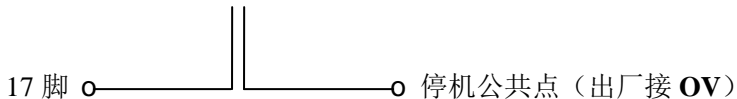
XA	XB	XC	YA	YB	YC	UA	UB	UC	VA	VB	VC	高频开关
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
+12V		停机 2	工	停	高频 2		XE	XD	测试	YE	YD	
		件	机	钼丝 0V								

注 (1) 21、22、24、25 脚是五相步进电机用, 三相步进电机此 4 脚无用。

(2) 13 脚高频开关: **HL**[®]卡内是一组继电器触点, 开高频时触点闭合 (改跳针 S11 可改为触点断开), 关高频时触点断开。



(3) 17 脚停机: **HL**[®]卡内是一组继电器触点, 开机时此触点为常开状态 (改跳针 S12 可改为常闭状态), 加工结束时触点接通 5 秒后恢复断开。接通时触点接通 0V



(4) 14 脚与 18-19 脚由外部提供一组 DC 12V 电源。

(5) 20 脚高频 2: 悬空, 用户可跳接为开高频公共点。(改跳针 S7)

(6) 15 脚停机 2: 悬空, 用户可跳接为停机公共点。(改跳针 S4)

(7) 23 脚是出厂测试用, 不建议使用。

(8) 用于伺服驱动器或混合步进电机控制器时:

	1 脚 (X 轴)	2 脚 (X 轴)	3 脚 (X 轴)	4 脚 (Y 轴)	5 脚 (Y 轴)	6 脚 (Y 轴)
单脉冲方式 CP 版本	步进脉冲	高电平: 正 低电平: 负	高电平: 锁 低电平: 松	步进脉冲	高电平: 正 低电平: 负	高电平: 锁 低电平: 松
双脉冲方式 CW 版本	正向步进脉 冲	负向步进脉 冲	高电平: 锁 低电平: 松	正向步进脉 冲	负向步进脉 冲	高电平: 锁 低电平: 松

2. HL[®]电脑互相传送

两台 HL[®]电脑之间的数据互相传送由“Comm. 联机”菜单实现, 数据连接是利用电脑上的 RS-232 鼠标接口, RS-232 鼠标接口有 9 针和 25 针两种, 接法如下:

DB9F pin2 (或 DB25F pin3) <-----> DB9F pin3 (或 DB25F pin2)
 DB9F pin3 (或 DB25F pin2) <-----> DB9F pin2 (或 DB25F pin3)
 DB9F pin5 (或 DB25F pin7) <-----> DB9F pin5 (或 DB25F pin7)
 外壳 <-----> 外壳

其中: DB9F 为 9 针的 RS-232 鼠标接口, DB25F 为 25 针的 RS-232 鼠标接口。

如需要在一台非 HL[®]电脑与一台 HL[®]电脑之间互相传送数据, 可到 www.gz-nf.com 网站下载一个 COMM5.EXE 的运行文件到非 HL[®]电脑上运行即可。

3. 绘图编程 TOWEDM 及 AUTOP 与单板机的连接

TOWEDM 的纸带输出用电脑上的打印口, 接法如下:

2, 3, 4, 5, 6 : 数据
 10 : 同步
 18, 19, 20: 地 (外壳)

在 HL[®]主画面的“Var.系统参数”菜单中设定“Autop.cfg 设置”决定绘图编程 Towedm 和 AUTOP 的传送输出电平和输出 3B 文件的暂停码。机床单板机所要求使用的接收方式必须同程序发送的方式对应, 否则传送不能成功。

“Autop.cfg 设置”共四位数字:

第一位数字确定传送输出电平, 0: 5V 电平有效, 1: 0V 电平有效。

第二位数字确定 3B 暂停码:

0: 无暂停码
 1: B0 B0 B0 HALT (对于 AUTOP) 或 D (对于 TOWEDM)
 2: B0 B0 B0 FF
 3: B0 B0 B0 GX L1

第四位数字确定中或英文帮助说明。

关于“Autop.cfg 设置”中各位数字的更详细定义, 请参照下一章《Towedm 线切割编程系统用户指南》的 4. 11 节。

六. U 盘的使用

HL® 自行开发的 USB 盘 (U 盘) DOS 驱动程序, 适用于大多数的电脑主板, 并能自动识别市面上大多数 1.0、1.1、2.0 和 2.1 兼容的 USB 盘。

该 USB 盘驱动程序具有热插拔功能, 用户可以在要使用时, 才将 U 盘插上, 并可在使用后将 U 盘拔出, 但在拔出时, 要确保 USB 盘上的指示灯没有闪动, 否则会损坏 U 盘里的文件。

1. 使用:

U 盘插好后, 在 **HL**® 主菜单选择 “文件调入”, 然后按[F4]键, 看到 “调磁盘” 子菜单后, 选择 “X: USB 盘” 即可列出 U 盘上的文件和<文件夹>, 选择<文件夹>即打开下一层文件夹, 选择<..>返回上一层文件夹。

要将文件存入 U 盘, 先插好 U 盘, 然后选好文件名, 按[F3], 再选择 “X: USB 盘”, 即可将文件存入 U 盘的当前文件夹。

2. 错误处理:

如在 “文件调入” 里按[F4]键 “调磁盘” 子菜单没有 “X: USB 盘” 选项, 则表示 **HL**® 的 U 盘驱动程序不支持该电脑主板。

如在调取 U 盘时, 屏幕中央显示 “X: 磁盘错”, 有以下几种可能性:

- 1: **HL**® 的 U 盘驱动程序不支持该电脑主板;
- 2: 该 USB 盘不兼容;
- 3: 该 USB 盘未插好。

Towedm 线切割编程系统用户指南

Towedm 线切割编程系统，是一个中文交互式图形线切割自动编程软件，用户利用键盘，鼠标等输入设备，按照屏幕菜单的显示及提示，只需将加工零件图形画在屏幕上，系统便可立即生成所需数控程序。本自动编程软件编程软件具有丰富的菜单意义，兼有绘图和编程功能。它可绘出曲线，圆弧，齿轮，非圆曲线（如抛物线，椭圆，渐开线，阿基米德螺旋线，摆线）组成的任何复杂图形。任一图形均可窗口建块，局部或全部放大，缩小，增删，旋转，对称，平移，拷贝，打印输出，对屏幕上绘制的任意图形，系统软件快速对其编程，并可进行旋转，阵列，对称等加工处理，同时显示加工路线，进行动态仿真，数控程序还可以直接传送到线切割控制单板机。

Towedm 采用 32 位的 Dos 内核作为它的开发基础，对比于旧的 Dos16 位时代的线切割软件，它摆脱了小内存的限制，可以编辑无限大的文件，并可无限扩充功能；对比于新的 Win32 位线切割软件，它保留了直接访问内存、直接操作显存的特点，因而在操作大文件、操作大量文件时仍然能保持高速的特点。

一. 菜单命令简介

进入系统后，显示：

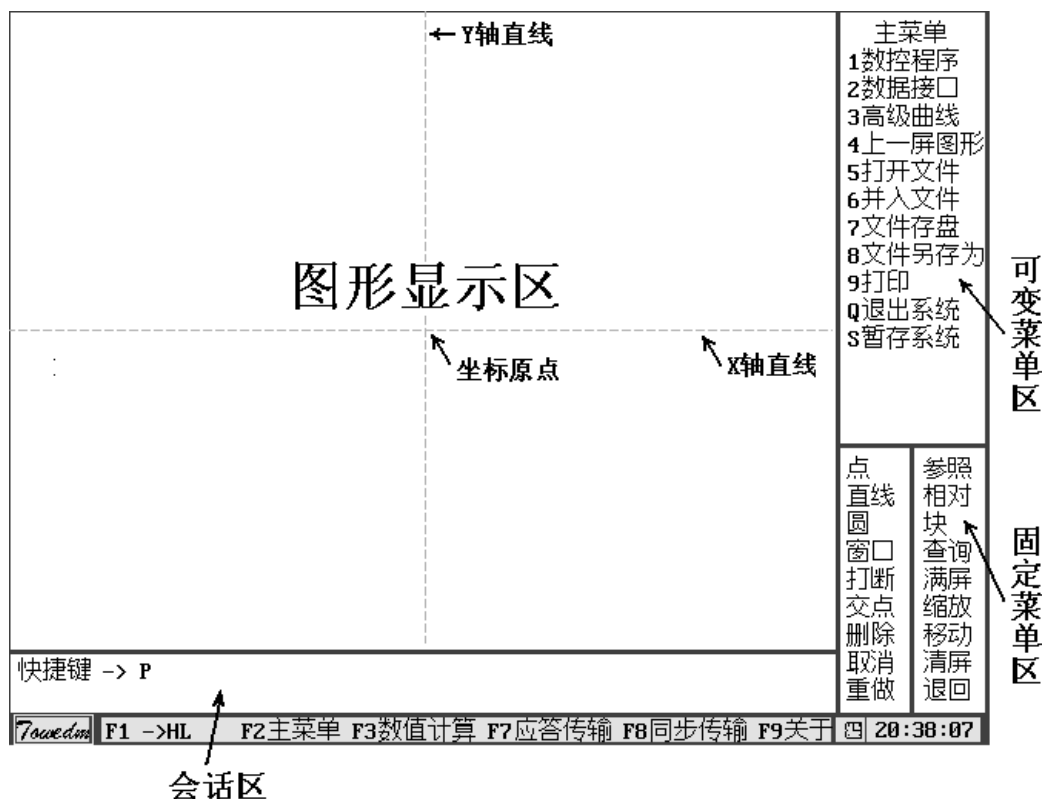


图 1. 1：屏幕结构

[注]：关于当前文件名，与旧 AUTOP 不同，Towedm 在进入系统后，当前文件名自动预置为

NONAME00.DAT，用户如要更改文件名，可用主菜单中的“文件另存为”操作来更改。

如图 1. 1 所示，屏幕分四个窗口区间，即图形显示区，可变菜单区，固定菜单区，和会话区。移动箭头键或鼠标，在所需的菜单位置上按 ENTER 键（或鼠标左键），则选择了某一菜单操作。

1.1 主菜单

数控程序 ---- 进入数控程序菜单（参看第四章），进行数控加工路线处理。

数据接口 ---- 根据会话区提示，选择：

1. **DXF 文件并入**：将 AutoCAD 的 Dxf 格式图形文件并入当前正在编辑的线切割图形文件，支持点、线、多段线、多边形、圆、圆弧、椭圆的转换，支持 AutoCAD 的 R14 及 R2000 版本。
2. **输出 DXF 文件**：将当前正在编辑的线切割图形文件输出为 AutoCAD 的 Dxf 格式图形文件，数据点也被保存。
3. **3B 并入**：将已有的 3B 文件当成图形文件并入。
4. **YH 并入**：并入 YH2.0 格式的图形文件。

高级曲线 ---- 进入高级曲线菜单（参看 2. 4 节）。

上一屏图形 ---- 恢复上一屏图形。当图形被放大或缩小之后，用此菜单轻便恢复上一图形状态。

打开文件 ---- 进入文件管理器（参看 1. 3 节），读取磁盘内的图形数据文件（DAT 文件）进行再编辑。可以通过打开一个不存在的图形文件来新建文件。

并入文件 ---- 进入文件管理器（参看 1. 3 节），并入一个图形数据文件，相当于旧 AUTOP 的“调磁盘文件”。

文件存盘 ---- 将当前正在编辑的图形文件存盘。存盘后的图形数据文件名为当前文件名，以 DAT 为后缀。如未有文件名，进入文件管理器（参看 1. 3 节），可直接键入文件名。

文件另存为 ---- 进入文件管理器（参看 1. 3 节），将当前正在编辑的线切割图形文件换一个文件名存盘。存盘后当前文件名即为新的文件名。相当于 Autop 的“文件改名”。

打印 ---- 打印功能是将当前屏显输出到位图文件“\$\$\$\$.BMP”。

退出系统 ---- 退出图形状态。

暂存系统 ---- 在 WIN98 下运行时，用于切换操作程序。

1.2 固定菜单

点 ---- 进入点菜单（参看 2. 1 节）。

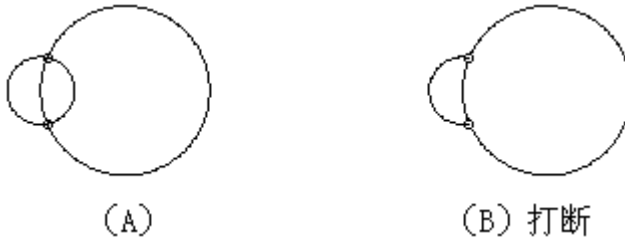
直线 ---- 进入直线菜单（参看 2. 2 节）。

圆 ---- 进入圆菜单（参看 2. 3 节）。

窗口 ---- 将选定矩形（窗口）内的图形放大显示。

打断 ---- 要执行打断先要确定在你要打断的直线、圆或圆上有两个点存在。执行打断后光标所在的两点间的图元部分被剪掉。如果在执行打断操作前预先按下 Ctrl 键，将执行反向打断。此时光标两点间的图元被保留，其余的部分被剪掉。辅助线不能被打断。

如下图所示，用光标打断（直线、圆、圆弧），操作完毕，按 [ESC] 键终止。



交点 ---- 捕捉交点，要求交点在两相交图元内。

移动光标至需要交点附近，按 ENTER 键或鼠标左键，自动求出准确的交点。操作完毕，按 [ESC] 键终止。

当只拾取点时也可以不预先使用此操作，而直接选图元交接处为点。

删除 ---- 删除几何元素，对点，直线，圆，圆弧进行删除，键入 ALL 回车，则全部图形将被删除，如删除某一元素，只要将光标移动到被删除的元素上，再按 ENTER 键或鼠标左键。操作完毕，按 [ESC] 键终止。

取消 ---- 取消上一部操作，如果上一次操作中绘制了图元，就将它删除，如果上一次操作删除了图元，就将它恢复。

会话区提示如下：

取消上一步输入的图形；

<Y / N>: Y

重做 ---- 将上一次取消操作中删除的图元或其它操作中删除的图元恢复，或将上一次取消操作恢复的图元再删除。只支持一步重做操作。

参照 ---- 建立用户参照坐标系。

相对 ---- 进入相对菜单（参看第 3. 2 节）。

块 ---- 进入块菜单（参看第 3. 1 节）。

查询 ---- 查询点，直线，圆，圆弧几何信息

会话区提示如下：

查询（点，线，圆，弧）=

用光标选取要查询几何元素，信息格式如下：

- | | | | |
|--------|-----------|-----------|------|
| 1. 点 | Xo=横坐标 | Yo=纵坐标 | |
| 2. 辅助线 | Xo=参考点横坐标 | Yo=参考点纵坐标 | A=角度 |
| 3. 直线 | X1=第一点横坐标 | Y1=第一点纵坐标 | |
| | X2=第二点横坐标 | Y2=第二点纵坐标 | |
| | A= 角度 | L= 长度 | |
| 4. 圆 | Xo=圆心横坐标 | Yo=圆心纵坐标 | R=半径 |
| 5. 圆弧 | Xo=圆心横坐标 | Yo=圆心纵坐标 | R=半径 |
| | A1=起始点角度 | A2=终止点角度 | |

满屏 ---- 满屏幕显示整个图形

缩放 ---- 将图形按输入的缩小放大倍数缩小放大显示。除了按以上方式缩小放大图形外，也可以在作图的任一时候，按下 PageDown 执行缩小、PageUp 执行放大功能。

移动 ---- 拖动显示图形

操作方法：执行移动功能，当光标为十字线时按下鼠标确定键或敲回车键，使光标变为一四向箭头，再移动光标就可以拖动图形了。

要结束拖动状态只要再次按下鼠标确定键或再次敲击回车键就可以，光标将同时变回为原十字线图形。也可以在作图的任一时候，按下 **Ctrl + 箭头键**来执行移动操作。

清屏 ---- 隐藏所有图形。

退回 ---- 退回主菜单，并在会话区显示当前文件名。

1.3 文件管理器

文件管理器除可用于文件的读取和存盘，还可进行图型预览、文件排序等。操作如下：

↑ ↓ ← →：箭头键用于选择已有的文件，也可用鼠标点击选择。“预览区”可即时图型预览选中的文件。

Delete: 删除所选择的文件。

F6: 按文件名排序。

F7: 按时间排序。

Tab: 切换要修改的区域。每按一下 Tab 键，修改的区域在文件夹、文件名和电话之间切换，切换到的区域以绿色显示，也可用鼠标点击要修改的区域。用户此时可用键盘输入，修改绿色区域中的内容。

F4: 转换文件夹。每按一下 F4 键，当前文件夹在 D:\WSNCP（硬盘）与在程序进入时的文件夹（虚拟盘）之间转换。如系统无配置硬盘，D:\WSNCP 也是虚拟盘。

Esc/F3: 退出文件管理器。

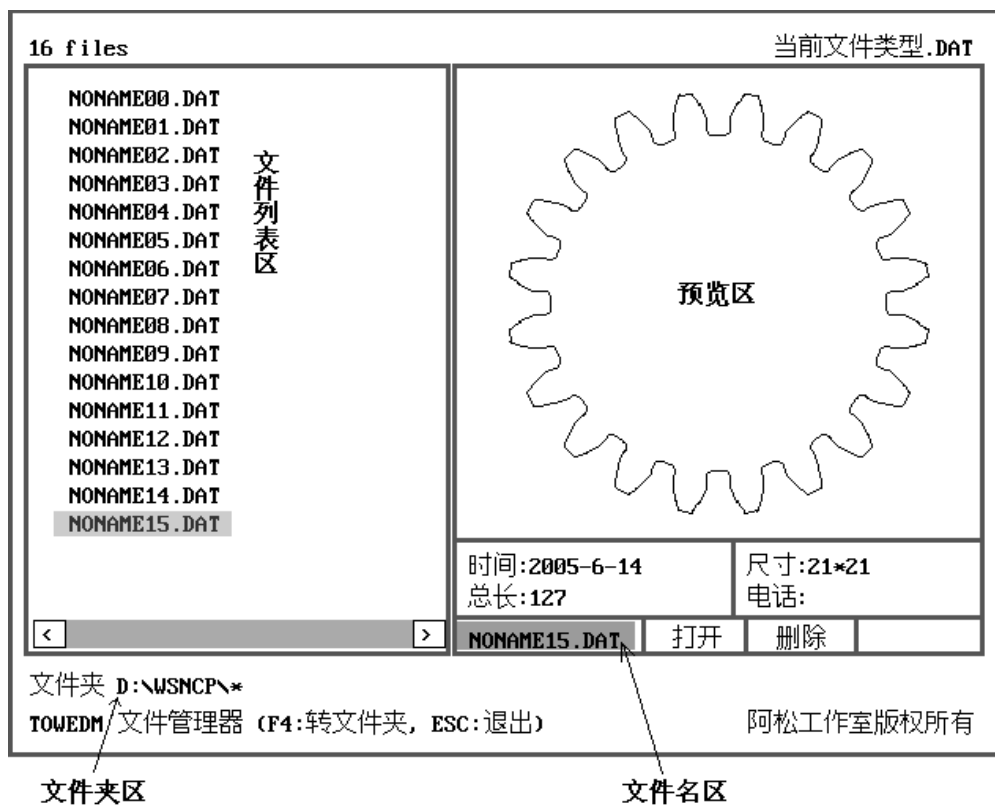


图 1. 2: 文件管理器

具体操作例子:

1. 打开、并入一个已有文件: 用鼠标或 ↑ ↓ ← → 箭头键选择“文件列表区”中的一个文件名，点击“打开”或按 ENTER 键，也可用鼠标双击“文件列表区”中的某个文件名。
2. 打开一个不存在的文件: 用鼠标点击或 Tab 键切换令“文件名区”变绿色，键入文件名，点击“打开”或“载入”，或按 ENTER 键。
3. 文件存盘、文件另存: 用鼠标点击或 Tab 键切换令“文件名区”变绿色，键入文件名，点击“保存”或按 ENTER 键。也可选择“文件列表区”中的一个已有文件名，然后“保存”，这时，会提示“覆盖旧文件 Y/N?”，请根据需要回答是 (Y) 或不是 (N)。
4. 更改文件夹: 用鼠标点击或 Tab 键切换令“文件夹区”变绿色，键入已知的文件夹（如 E:，

F:\FILE 等)。也可简单地按 F4 键，在两个固定的文件夹之间切换。

[注]：如无更改文件夹，所有文件只是储存在虚拟盘，停电后将无法保存。用户须自行在 **HL**® 系统内，将文件从虚拟盘存入图库。

1.4 快捷键、鼠标键定义

Towedm 还可使用快捷键的方式，直接按会话区中“快捷键→”所提示的字母或数字，可快速选择相应的菜单操作。

为方便操作，Towedm 还提供了以下快捷键：

Home：加快光标移动速度

End：减慢光标移动速度。

PageUp：放大图形。

PageDown：缩小图形。

↑：向上移动光标。

↓：向下移动光标。

←：向左移动光标。

→：向右移动光标。

Ctrl + ↑：向上移动图形。

Ctrl + ↓：向下移动图形。

Ctrl + ←：向左移动图形。

Ctrl + →：向右移动图形。

选定原点的快捷键是字母 **O**。

选定坐标轴 X 的快捷键是 **X**。

选定坐标轴 Y 的快捷键是 **Y**。

F2：回主菜单，同时在会话区显示当前文件名。

F3：调用计算器（参看 1.5 节）。

F4：刷新图形不画点。

F5：刷新图形（画点、画辅助线）。

F6：刷新图形不画辅助线。

F10：重画加工路线。

鼠标键定义：Towedm 默认将鼠标左键定义“确认键”，右键定义为“取消键”。在回答“Y/N？”时，按下“确认键”表示“Y”，按下“取消键”表示“N”，按下中键表示“Esc”取消。

1.5 计算器 ---- 按下 F3 键使用计算器功能。

Towedm 的计算器，可以计算加 (+)、减 (-)、乘 (*)、除 (/)、乘方 (^) 和三角度函数正弦 (Sin)、余弦 (Cos)、正切 (Tan)、余切 (Cta)、反正弦 (Asin)、反余弦 (Acos)、反正切 (Atan)。要调用上一次计算器的计算结果，可以在数据状态按下键“？”

另外，也可在数据录入的任一时候混合使用计算器功能，即在输入数据时使用以上运算符。

二. 图形输入操作

Towedm 的图形菜单有点、直线、圆、以及高级曲线所包括的各种非圆曲线。

2.1 点菜单

菜单	屏幕显示	解释
极/坐标点	点<X, Y>= (若要选取原点,可在屏幕上选取坐标原点或直接打入字母 O)	1. 普通输入格式: x, y 2. 相对坐标输入格式: @x, y (“@”为相对坐标标志, “x”是相对的 x 轴坐标, “y”是相对的 y 轴坐标)。以前一个点为相对参考点, 可用光标先选一参考点。 3. 相对极坐标输入格式: <a, l (“<”为相对极坐标标志, “a”指角度, “l”是长度)。以前一个点为相对参考点。如先用光标选一参考点, 会提示输入极径和角度。
光标任意点	用光标指任意点	用光标在屏幕上任意定一个点
圆心点	圆, 圆弧=	求圆或圆弧的圆心点。
圆上点	圆, 圆弧= 角度=	求在圆上某一角度的点。
等分点	选定线, 圆, 弧 = 等分数<N>= 起始角度<A>=	直线、圆或圆弧的等分点。
点阵	点阵基点<X, Y>= 点阵距离<Dx, Dy>= X 轴数<Nx>= Y 轴数<Ny>=	从已知点阵端点开始, 以 (Dx, Dy) 为步距, X 轴数为 X 轴上点的数目, Y 轴数为 Y 轴上点的数目作一个点阵列。改变步距 Dx, Dy 的符号就可以改变点阵端点为左上角、左下角、右上角和右下角。可使用此功能配合辅助作图, 能加快作图速度。数控程序的阵列加工也需要此功能配合。
中点	选定直线, 圆弧 =	直线或圆弧的中点。
两点中点	选定点一<X, Y>= 选定点二<X, Y>=	两点间的中点。
CL 交点	选定线圆弧一 = 选定线圆弧二 =	直线、圆或圆弧的交点, 同“交点”功能有所不同, “CL 交点”不要求线圆间有可视的交点, 执行此操作时, 系统会自动将线圆延长, 然后计算它们的交点。
点旋转	选定点<X, Y>= 中心点<X, Y>= 旋转角度<A>= 旋转次数 <N>=	旋转复制点。
点对称	选定点<X, Y>= 对称于点, 直线 =	求点的对称点。
删除孤立点	删除孤立点	删除孤立的点
查两点距离	点一<X, Y>= 点二<X, Y>= 两点距离<L>=? ? ?	计算两点间的距离, 当在光标捕捉范围内能捕捉一个点时, 取该点为其中一个点, 否则, 取鼠标确认键按下时光标所在位置坐标值。

2. 2 直线菜单

直线	屏幕提示	解释
二点直线	二点直线 直线端点<X,Y>= 直线端点<X,Y>= 直线端点<X,Y>=	过一点作直线 起点 到一点 到一点
角平分线	选定直线一 = 选定直线二 = 直线 <Y/N ?>	求两直线的角平分线。 选择两直线之一。
点+角度	选定点 <X, Y> = 角度 <A=90> =	求过某点并与 X 轴正方向成角度 A 的辅助线。 直接按 ENTER 为 90°。
切+角度	切于圆, 圆弧 角度<A>= 直线 <Y/N ?>	切于圆或圆弧并与 X 轴正方向成角度 A 的辅助线。
点线夹角	选定点<X, Y>= 选定直线 = 角度<A=90>= 直线 <Y/N? >	求过一已知点并与某条直线成角度 A 的直线。
点切于圆	选定点<X, Y>= 切于圆, 圆弧 直线 <Y/N? >	已知直线上一点。并且该直线切于已知圆。
二圆公切线	切于圆, 圆弧一 = 切于圆, 圆弧二 = 直线 <Y/N? >	作两圆或圆弧的公切线。如果两圆相交, 可选直线为两圆的两条外公切线。如果两圆不相交, 可选直线为两圆的两条外公切线加两条内公切线。
直线延长	选定直线 = 交于线, 圆, 弧	延长直线直至于另一选定直线、圆或圆弧相交。 有两个交点时, 选靠近光标的交点。
直线平移	选定直线 = 平移距离<D>= 直线 <Y/N? >	平移复制直线。如选定直线为实直线, 复制后也为实直线。如选定直线为辅助线, 结果也为辅助线。
直线对称	选定直线 = 对称于直线 =	对称复制直线。 已知某一直线, 对称于某一直线
点射线	选定点<X, Y>= 角度 <A>= 交于线, 圆, 弧	过某点与 X 轴正方向成角度 A 并且相交于另一已知直线或圆或圆弧的直线。 有两个交点时, 选靠近光标的交点。
清除辅助线		删除所有辅助线。
查两线夹角	选定直线一 = 选定直线二 = 两线夹角 = ? ? ?	计算两已知直线的夹角。

2.3 圆菜单

菜单	屏幕显示	解释
圆心+半径	圆心 <X, Y>= 半径 <R>=	按照给定的圆心和半径作圆。
圆心+切	圆心 <X, Y>= 切于点, 线, 圆 = 圆 <Y/N? >	已知圆心, 已知圆相切于另一已知点、直线、圆或圆弧作圆。 出现多个圆时, 选择所要的圆。
点切+半径	圆上点 <X, Y>= 切于点, 线, 圆 半径 <R>= 圆 <Y/N? >	已知圆上一点, 已知圆与另一点、直线、圆或圆弧相切, 并已知半径作圆。
两点+半径	点一<X, Y>= 点二<X, Y>= 半径 <R>=	已知圆上两点, 已知圆半径作圆。
心线+切	心线= 切于点, 线, 圆 半径 <R>= 圆 <Y/N? >	给定圆心所在直线, 并已知圆相切于一已知点、直线、圆或圆弧作圆。
双切+半径 (过渡圆弧)	切于点, 线, 圆 切于点, 线, 圆 圆 <Y/N? >	已知圆与两已知点、直线、圆或圆弧相切, 并已知半径作圆。等同于 AutoP 的过渡圆弧。
三切圆	点, 线, 圆, 弧一 = 点, 线, 圆, 弧二 = 点, 线, 圆, 弧三 = 圆 <Y/N? >	求任意三个元素的公切圆
圆弧延长	圆弧 交于线, 圆, 弧	延长圆弧与另一直线、圆或圆弧相交。
同心圆	圆, 圆弧 偏移值 <D>=	作圆或圆弧按给定数值偏移后的圆或圆弧。
圆对称	圆, 圆弧 对称于直线=	作圆或圆弧的对称圆、圆弧。
圆变圆弧	圆 = 圆弧起点 <X, Y>= 圆弧终点 <X, Y>=	将选定圆按给定起始点和终止点编辑变成圆弧。
尖点变圆弧	半径 <R>= 用光标指尖点	变尖点为圆弧。必须保证尖点只有两个有效图元 (此处只能是直线或圆弧) 且端点重合, 否则此操作不能成功。
圆弧变圆	圆弧 = 圆弧 = 按 ESC 退出	变圆弧为圆。

2.4 高级曲线

菜单	屏幕显示	解释
椭圆	长半轴<R a>= 短半轴<R b>= 起始角度<A1>= 终止角度<A2>=	参数方程： $x=acos(t)$ $y=bsin(t)$
螺线	起始角度<A1>= 起始半径<R1>= 终止角度<A2>= 终止半径<R2>=	阿基米德螺线
抛物线	系数<K2>= 起始参数<X1>= 终止参数<X2>=	使用抛物线方程 $Y=K*X*X$ 。
渐开线	基圆半径<R>= 起始角度<A1>= 终止角度<A2>=	参数方程： $x=R(\cos(t)+\sin(t))$ $y=R(\sin(t)-\cos(t))$
标准齿轮	齿轮模数<M>= 齿轮齿数<Z>= 有效齿数<N>= 起始角度<A>=	相当于自由齿轮中，各参数设定为：压力角<A>=20，变位系数<O>=0，齿高系数<T>=1，齿顶隙系数=0.25，过渡圆弧系数=0.38。 不要使有效齿数大于齿数，这样虽然也能作出图形，但会有许多重复的线条，在生成加工代码时会造成麻烦。
自由齿轮	齿轮模数<M>= 齿轮齿数<Z>= 压力角<A>= 变位系数<O>= 齿高系数<T>= 齿顶隙系数= 过渡圆弧系数= 有效齿数<N>= 起始角度<A>=	渐开线齿轮： 基圆半径： $R_b=MZ/2*\cos(A)$ 齿顶圆半径： $R_t=MZ/2+M*(T+O)$ 齿根圆半径： $R_f=MZ/2-M*(T+B-O)$ 经验参数： 内齿 T=1.25 B=-0.25 花键齿 T=0.5 内花键齿 T=0.75 B=-0.25

三. 图形编辑操作

3. 1 块菜单

Towedm 块菜单可以对图形的某一部分或全部进行删除、缩放、旋转、拷贝和对称处理, 对被处理的部分, 首先必需用窗口建块或用增加元素方法建块, 块元素以洋红色表示。

3. 1. 1 窗口选定

屏幕显示:

第一角点 ---- 指定窗口的一个角, 按 [ESC] 键或鼠标右键中止。

第二角点 ---- 指定窗口的另一个角, 按 [ESC] 键或鼠标右键中止。

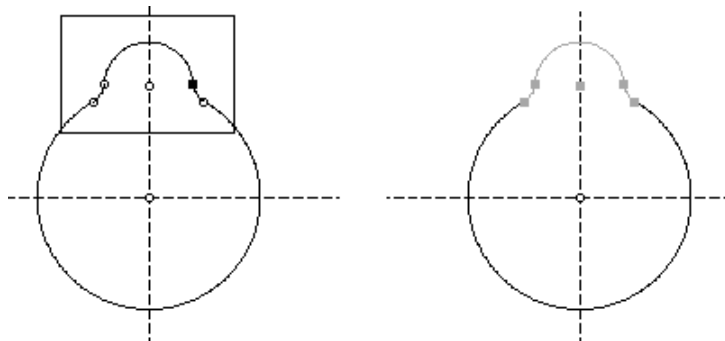


图 3. 1 (A) 用窗口

(B) 建块后

建块后, 矩形窗口内的元素显示为洋红色。辅助线和点由于不是有效图元不能被选定为块。

3. 1. 2 增加元素

屏幕显示:

增加块元素盘 →

如需增加某一元素到块中, 移动鼠标选取, 被选取的块元素显示为洋红色。

3. 1. 3 减少加元素

屏幕显示:

减少块元素盘 →

如需在块中减少某一元素, 移动鼠标选取, 被减少的块元素恢复为正常颜色。

3. 1. 4 取消块

屏幕显示:

取消块 <Y/N?>

按确认键后, 将所有块元素恢复为非块, 全部洋红色元素恢复为正常颜色。

3. 1. 5 删除块元素 ---- 将所有块元素删除。

屏幕提示

删除块元素 <Y/N?>

按确认键后, 将删除所有洋红色显示的元素。

3. 1. 6 块平移 (块拷贝) ---- 平移复制所有块的元素。

屏幕提示:

平移距离 <DX, DY>=

平移次数 $\langle N \rangle =$

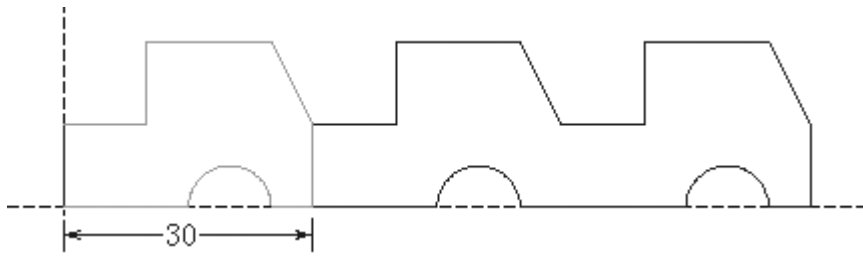


图 3. 2 平移距离 $\langle DX, DY \rangle = 30, 0$, 平移次数 $\langle N \rangle = 2$ 的结果

3. 1. 7 块旋转 ---- 旋转复制所有块的元素。

屏幕提示

旋转中心 $\langle X, Y \rangle =$

绕旋角度 $\langle A \rangle =$

旋转次数 $\langle N \rangle =$ 旋转次数 (不包括本身)

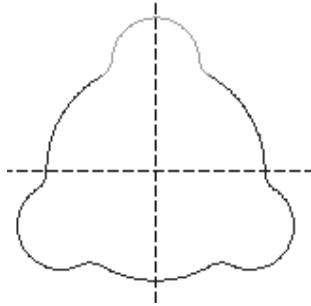


图 3. 3 绕坐标原点, 旋转 120° , 2 次的结果

3. 1. 8 块对称 ---- 对称复制所有块的元素。

屏幕提示:

对称于点, 直线 = 对称于某一点或直线

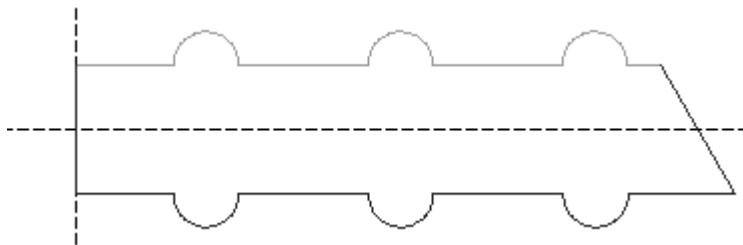


图 3. 4 将块元素作 X 轴对称

3. 1. 9 块缩放 ---- 按输入的比例在尺寸上缩放所有块的元素。

3. 1. 10 清除重合线 ---- 清除重合的线、圆弧。如果错误地多次并入了同一个文件可以使用此功能清除重复的线圆弧。

3. 1. 11 反向选择 ---- 将所有块元素设为非块，所有非块元素设为块。

3. 1. 12 全部选定 ---- 将所有直线、圆、圆弧全部设为块元素。

3. 2 相对

Towedm 提供相对坐标系，以方便一些有相对坐标系要求的图形处理。

3. 2. 1 相对平移

屏幕显示：

平移距离<Dx, Dy>= 相对平移距离

将当前整个图形往 X 轴方向平移 Dx，Y 轴方向平移 Dy，如图 3. 5 所示。

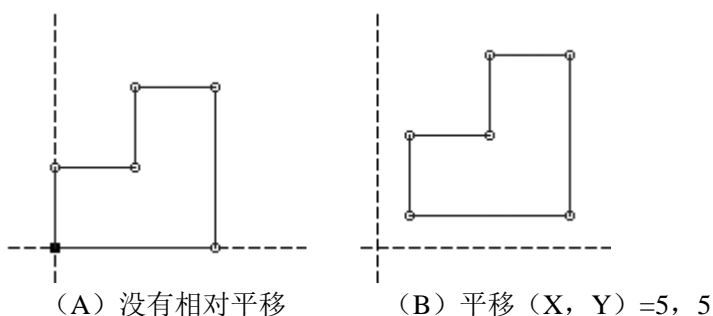


图 3. 5 相对平移

3. 2. 2 相对旋转

屏幕显示：

旋转角度<A>= 绕原点旋转 A 角

将当前整个图形绕原点旋转 A 角度。

3. 2. 3 取消相对

取消已作的相对操作，恢复相对操作前的图形状态。

3. 2. 4 对称处理

屏幕显示：

对称于坐标轴<X/Y? >

将当前整个图形对称于 X 或 Y 轴。

3. 2. 5 原点重定

屏幕显示：

新原点<X, Y>=

以一个点作为新的坐标原点。

四. 自动编程操作

Towedm 可对封闭或不封闭图形生成加工路线，并可进行旋转和阵列加工，可对数控程序进行查看、存盘，可直接传送至线切割机床单板机。

4. 1 加工路线

开始加工代码的生成过程：

<1> 选择加工起始点和切入点。

<2> 回答加工方向。(Yes/No)。

<3> 给出尖点圆弧半径。

<4> 给出补偿间隙，请根据图形上箭头所提示的正负号来给出数值。

<5> 回答“重复切割”，如答否(No)，则按正常产生 3B 代码。如答是(Yes)，则：

a. 系统提问“切割留空？”，输入多次切割的最后一刀预留长度（单位：mm）。

b. 再按提示输入第二次切割的补偿间隙。系统自动产生第二次逆向切割的 3B 代码。

c. 系统会再提问“重复切割？”，答是(Yes)并重复步骤 b 可产生第二、第三次、、、第 N 次切割的 3B 代码。答否(No)则结束。

<6> 按提示输入最后一刀的补偿间隙。

<7> 操作完成后如果无差错即会给出生成后的代码信息，有错误则给出错误提示。

提示信息格式如下：

R=尖点圆弧，F=间隙补偿，NC=代码段数，L=路线总长，X= X 轴校零，Y= Y 轴校零

4. 2 取消前代码

即旧 AUTOP 的“取消旧路线”（取消已生成的加工路线），不同的是，在有多个跳步存在的情况下，一次只取消前一步的路线。

4. 3 代码存盘

将已生成的加工代码保存到磁盘。存盘后扩展名为“.3B”。

如果当前文件文件名为空，则以 NONAME00.3B 存到磁盘，有可能覆盖已有的 3B 文件，因此必须先将图形文件存盘（用“主菜单”中的“文件另存为”，参看 1. 1 节）。

[注]：如无指定文件夹，所有文件只是储存在虚拟盘，停电后将无法保存。用户须自行在 HL®系统内，将文件存入图库。

4. 4 轨迹仿真

用于以图形的直观的方式查看加工顺序。按 F10 键也可重画加工路线。

4. 5 起始对刀点

当生成的加工代码的起割点不是要求的起点时，可使用此功能将其引导到需要的起点上去。

4. 6 终止对刀点

当生成的加工代码终止点不是要求的终止点时，可以用此功能将它引导到要求的终止点上去。

4. 7 旋转加工

屏幕提示：

旋转中心 <X, Y>=

旋转角度 <A>=

旋转次数 <N>=旋转次数（不包括本身）

4. 8 阵列加工

屏幕提示：

阵列点 <X, Y>=

输入 X, Y 数值或用鼠标点击屏幕上已有的点，即将已有的加工路线，以该点为起始点，再产生一次。

与旧 AUTOP 不同，Towedm 需要先用“点菜单”中的“点阵”生成需要的点阵（参看 2. 1 节），再点击各个跳步程序的起始点来生成阵列。这样做的好处是，用户可以更好地安排跳步程序的路线，以节省空走的路程。如图 4.1 所示，旧 AUTOP 只能产生右图的跳步阵列，可见路程的不合理。

按 Esc 键退出后，再选“阵列加工”，则可成倍增加跳步程序。

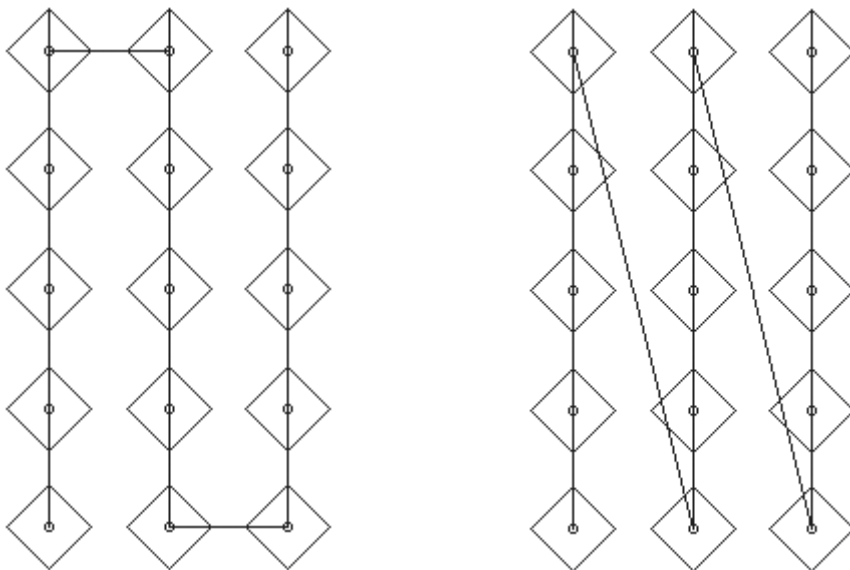


图 4. 1 阵列加工，右图为旧 AUTOP 产生的阵列

4. 9 查看代码

使用“查看代码”功能可以检阅当前已生成的加工代码。

4. 10 载入代码

屏幕提示：

取消当前代码 <Y/N? >

按确认键后，调用文件管理器（参看 1. 3 节），调入已有的 3B 文件。

加工起始点 <X, Y>=

选择一个点，作加工路线起点。

按 F10 键可在屏幕上重画加工路线。

4. 11 代码传送

“**应答传输**”即“送数控程序”，将加工代码以“应答传输”的方式送到机床单板机。

“**同步传输**”即“穿数控纸带”，将加工代码到“同步传输”的方式送到机床单板机。

[注]：3B 发送的方式通过在 **HL**®主画面的“**Var.系统参数**”菜单中设定“**Autop.cfg 设置**”来设定。机床单板机所要求使用的接收方式必须同程序发送的方式对应，否则传送不能成功。

“**Autop.cfg 设置**”共四位数字：

第一位数字确定传送输出电平和应答握手电平：

0：传送输出电平 5V 有效，应答握手电平 5V 有效；

1：传送输出电平 0V 有效，应答握手电平 5V 有效；

2：传送输出电平 5V 有效，应答握手电平 0V 有效；

3：传送输出电平 0V 有效，应答握手电平 0V 有效；

如用“同步传输”方式，不需理会应答握手电平。

第二位数字确定 3B 暂停码：

0：无暂停码

1：D

2：B0 B0 B0 FF

3：B0 B0 B0 GX L1

第三位数字确定“同步传输”信号保持时间，数字越大，时间越长。

第四位数字确定中或英文帮助说明。（适用于中英文版本的 H L 卡，可同时转换使用英文版的 Towedm）。

五. 绘图实例

5.1 绘图实例一：

1、将 X 轴向上向下各平移 35，Y 轴向右平移 60。

2、取其交点为当前点作相对极坐标点 ($\langle 140, 15 \rangle$)，以该极坐标点为圆心，15 为半径作一小圆。

3、以原点为圆心，40 为半径作一大圆。

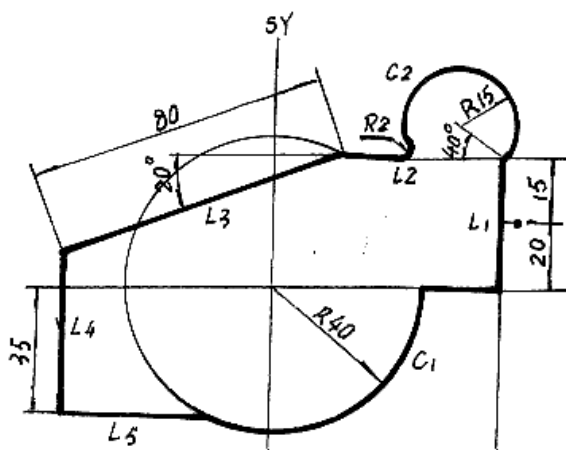
4、连接大圆与高度 35 的水平辅助线在 Y 轴右边的交点及极坐标点 ($\langle 200, 80 \rangle$) 为一条直线。

5、过直线左端点作直线（点+角度，角度 90 度）交于高度-35 的水平辅助线。

6、连接直线下端点与高度为-35 的辅助线同大圆的左交点为实直线。

7、作小圆与高度 35 辅助线交点，打断小圆，连接其它需要连接的直线。

8、在交点处执行尖点变圆弧，圆弧半径 2。



5.2 绘图实例二：

1、将 X 轴向上平移 10。取其交点为圆心，5.1 为半径作一圆。

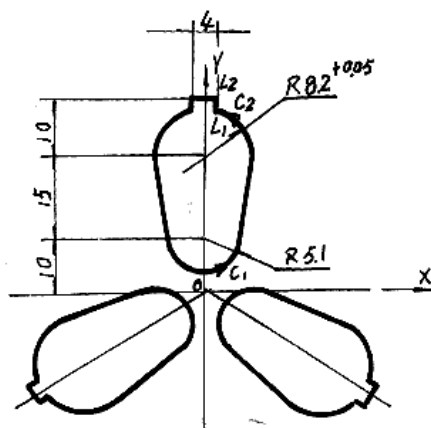
2、将 X 轴向上平移 25、取其交点为圆心，8.2 为半径作另一圆。

3、作两圆的两条外公切线。

4、将 X 轴向上平移 35、将过原点的参照线 Y 轴向左向右各平移 2。连接交点成实直线。

5、打断两圆多余的部分。

6、将图形全部选定为块，然后执行块旋转 120 度，旋转两次。



HL[®]卡多次切割功能操作与接线说明

(一) 加工路线指定

HL[®]多次切割的加工路线可在 TOWEDM 自动编程中处理，也可在开始加工时才作出指定。前一种方法的操作请参照《Towedm 线切割编程系统用户指南》的 4.1 节，后一种方法适用于对普通的 3B 文件进行多次切割，下面是后一种方法的具体操作和说明：

进入加工菜单、调入 3B 文件后，按 F1 键从起始段到终点段进行加工，系统提示：

“**Multiple 重复加工次数：**”，输入次数须大于 2，否则作普通单次切割处理，如在 TOWEDM 中已作多次加工处理，按回车即可；

“**End len (mm or =seg) 终段长 (=段)：**”，输入最后一刀的预留长度（单位：mm），在输入数字前加“=”号，则表示预留的指令段数；

“**End cut 1 time? 终段 1 次?Y/N**”，如输入 Y，预留段一次割完；如输入 N，按前面输入的加工次数对预留段作多次切割，在对预留段作多次切割前，系统会暂停，以使用户将工件已割部分固定好。

“**Offset,, 补偿值,, :**”，输入多次切割的各次补偿值（单位：mm），以“,”分隔，该系列补偿值可在“重复加工参数表”（图一）中预先输入。如预留段选择了一次割完，会要求输入比切割次数多一个的补偿值。

这里输入的补偿值是产生 3B 程序时所输入的补偿值的叠加，但与“加工参数设置”第 4 页）中的“**Offset 补偿值**”无关。

至此，程序将根据输入的加工次数、各补偿值、终段留长以及终段的切割方式，对一次加工的 3B 路径重新安排新的加工路线，通常是对整个 3B 文件都作多次切割处理，如果用户只是希望某些 3B 段作多次切割，可在需要多次切割的 3B 段前后分别加插“**MUL**”命令行，这样，程序就会只对两行“**MUL**”之间的 3B 段落作多次切割处理。

对于锥度加工的多次切割，只需在加工开始前在“加工参数设置”中设置好“**Gradian 锥度**”参数，然后在加工开始时按上述步骤输入加工次数等参数即可。

(二) 多次切割参数

(1) 进入 HL[®]主画面，将光标移到“**Multi 参数 1**”，按回车键，或直接按 M 键，进入重复加工参数表（图一）。（对于 2 号副卡，对应菜单项为“**multi 参数 2**”、按 I 键直接进入）。

(2) 图一所示为 HL[®]主卡的重复加工参数表，其中第 1 列为行号，共有 9 行参数。当多次切割加工走到转刀的一点时，系统输出控制指令，使加工参数自动转入下一行，这个过程会停顿四秒，使丝筒转速、高频脉冲、高频电流、变频跟踪等作好变化，才开始下一刀以不同的参数切割。开始加工后，首先转到第一行参数，正在加工的参数行以红色显示。3B 文件中有一些含有“**RD**”的行，其作用是让程序输出控制指令。

(3) 参数说明:

第 2 列参数“脉宽 Pw”: 脉冲宽度, 单位为微秒, 取值范围 2~200 微秒;

第 3 列“脉间 Pi”: 脉冲间隔, 单位为脉冲宽度的倍数, 如脉宽为 10 微秒, 脉间为 5, 则脉冲间隔等于 50 微秒, 取值范围 2~15;

第 4 列“调制 F.M.”: 分组脉冲设定, 0: 无, 1~5: 分组脉冲宽度分别为 1~5 微秒;

第 5 列“电流 Amp.”: 高频电流强度 (参看第五节), 取值范围 1~15;

第 6 列“间隙 Gap”: 跟踪电压, 即钼丝与工件的放电距离。一般以 6V 左右适中, 当加工电流较大时, 可调至 7~8V, 当修光时, 可调至 5.5V 左右。

第 7 列“变频 V.F.”: 变频跟踪变量。

第 8 列“丝速 W.S.”: 丝筒转速端子设置 (参看第六节), 取值范围 0~7;

第 9 列“补偿 Offset”: 每一刀的补偿值 (单位: mm), 取值范围+1.000~-1.000, 也可在加工开始时修改或输入。

参数的设置和修改: 按上下左右箭头键选择要修改的项, 按“+”、“-”键进行调节。按“ESC”退出。

#1 Multi-Cut Table 重复加工参数:

No.	脉宽 Pw(uS)	脉间 Pi(x)	调制 F.M.	电流 Amp.	间隙 Gap	变频 V.F.	丝速 W.S.	补偿 Offset
1	40	5	0	5	6.00	90.9	0	-0.160
2	10	5	0	2	5.50	80.7	1	-0.100
3	5	5	0	1	5.01	76.1	2	-0.070
4	10	5	0	3	5.01	84.9	3	-0.090
5	10	5	0	1	Auto	92.2	0	0.000
6	10	5	0	1	Auto	92.2	0	0.000
7	10	5	0	1	Auto	92.2	0	0.000
8	10	5	0	1	Auto	92.2	0	0.000
9	10	5	0	1	Auto	92.2	0	0.000

图一、重复加工参数表

(4) 如图二所示, 高频脉冲信号由 HF0、HF1、HF2、HF3 输出, 高频电流强度是控制这四路输出的有无 (参看表一)。用户只要将 HF0 接 1 个功率场效应管、HF1 接 2 个功率场效应管、HF2 接 4 个功率场效应管、HF3 接 8 个功率场效应管, 通过调节“电流 Amp.”参数, 可使高频电流强度分为 1-15 挡, 如图三所示, 使用了 15 个功率场效应管。用户也可自行选择功率管的个数, 如 HF0、HF1 各接 1 个, HF2、HF3 各接 3 个, 共 8 个功率场效应管。

[注意 1]: HF0、HF1、HF2、HF3 以及 AC12H1、AC12H2 必须使用屏蔽线, 屏蔽线的一端连接到电脑外壳 (即 15 芯接头的金属壳), 而另一端不要有任何连接。

[注意 2]: AC12H1、AC12H2 是为高频信号提供~12V 交流工作电源, 必须由独立的变压器提供, 或从高频变压器抽头提供。必须保证有~12V 的电压值, 可测量 U23 (7812) 的输

出有没有 12V 直流，否则，场效应功率管的栅极电压会不够而导致高频工作不正常。

[注意 3]: DC12V+、DC12V- 是用于换向停高频，当这两脚之间有一个 12V 直流电压输入时，高频开启，无电压时，高频关闭（即 HF0、HF1、HF2、HF3 均无高频信号输出）。可将步进驱动电源电压经换向停高频触点接入。

表一、高频脉冲信号输出：

电流 Amp.	HF3	HF2	HF1	HF0
1	无 (0)	无 (0)	无 (0)	有 (1)
2	无 (0)	无 (0)	有 (1)	无 (0)
3	无 (0)	无 (0)	有 (1)	有 (1)
4	无 (0)	有 (1)	无 (0)	无 (0)
5	无 (0)	有 (1)	无 (0)	有 (1)
6	无 (0)	有 (1)	有 (1)	无 (0)
7	无 (0)	有 (1)	有 (1)	有 (1)
8	有 (1)	无 (0)	无 (0)	无 (0)
9	有 (1)	无 (0)	无 (0)	有 (1)
10	有 (1)	无 (0)	有 (1)	无 (0)
11	有 (1)	无 (0)	有 (1)	有 (1)
12	有 (1)	有 (1)	无 (0)	无 (0)
13	有 (1)	有 (1)	无 (0)	有 (1)
14	有 (1)	有 (1)	有 (1)	无 (0)
15	有 (1)	有 (1)	有 (1)	有 (1)

- (5) 丝速控制 (WS)：X1、X2、X3 和 XCOM 分别连接到“变频器”的控制端子。本电路通过控制 X1、X2、X3 与 XCOM 的接通来改变储丝筒的转速，输出编码如下表：

表二、WS 控制输出编码：

丝速 W.S.	X3 端子	X2 端子	X1 端子
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

其中：0 - 表示端子与 XCOM 公共端断开。

1 - 表示端子与 XCOM 公共端连通。

用户必须预先设置“变频器”的速度，以对应于每一档的“丝速 W.S.”数值。如预置 X1 接通 XCOM 为 50Hz，X2 接通 XCOM 为 30Hz，X1 和 X2 同时接通 XCOM 为 20Hz，等

等。

[注]：用户也可以利用 X1、X2、X3 和 XCOM 端子，连接自己开发的译码电路，用于高频信的产生，储丝筒转速的改变等。

(三) 多次切割经验参数 (只供参考)：

本例切割 10x10 方柱，使用 0.18 钼丝，材料：铬-12，厚度：25mm。

以 0.18 钼丝计，补偿间隙一般可选：第 1 刀 0.16 ~ 0.17 mm，第 2 刀 0.1 mm，第 3 刀 0.07 mm，最后一刀 0.09 mm。

预留段 (即“切割留空”或“终段长度”) 一般可选 1 ~ 2 mm。

- (1) **方法一**：按普通编程方法产生 3B 程序，进入加工菜单、调入该 3B 文件。按 F1 两次；提示“**Multiple 重复加工次数:**”时输入 3；提示“**End len (mm or =seg) 终段长 (=段):**”时输入 2 (单位：mm)；提示“**End cut 1 time? 终段 1 次?Y/N**”时输入 N (预留段作 3 次切割)；这时系统提示“**Offset,,, 槽道,,, : 0.16, 0.1, 0.07**”，按回车，多次加工开始。

方法二：编三次切割程序 (参看“加工路线”，《Towedm 线切割编程系统用户指南》4.1 节)：、第一次给出补偿间隙，输入 0.16；提示“**重复切割**”，选 Yes；提示“**切割留空**”，输入 2 (单位：mm)。再按提示输入第 2 刀补偿间隙 0.1；提示“**重复切割**”，选 Yes；再按提示输入第 3 刀补偿间隙 0.07；提示“**重复切割**”，不切第 4 刀了，选 No；再提示“**最后一刀补偿间隙**”，这是切去“**切割留空**”那 2mm 的间隙补偿量，输入 0.09。至此，系统自动生成 3 次切割的 3B 代码，存盘并退回 HL 加工画面。

退回 HL 加工画面后，调入上述已存盘 3B 文件，按 F1 两次开始多次加工。

- (2) 按“M”键调出“重复加工参数表”，表中前 4 行分别为第 1 ~ 3 刀以及最后一刀 (切去“切割留空”) 的加工参数。对于本例，各参数选择如下：

	脉宽 Pw	脉间 Pi	调制 F.M.	电流 Amp.	丝速 W.S.	变频 V.F.	补 偿 Offset
1	40~80 微秒	5~7 倍	0	约 5A	50~60Hz	90.9	0.16
2	10 微秒左右	5~7 倍	0	约 1.5A	30~35Hz	80.7	0.1
3	3 ~ 5 微秒	5~8 倍	0	0.6 - 1A	20~25Hz	76.1	0.07
4	10 微秒左右	5~7 倍	0	2A	40~50Hz	84.9	0.09

[注]：“**电流 Amp.**”是指图三的电表所显示的值。“**丝速 W.S.**”是指“变频器”面板所显示的频率。

(四) 分段修光功能及使用方法:

1: 在 3B 文件中加插“**MUL**”命令行, 在两行 **MUL** 中间夹着的 3B 指令有多次切割, 反之在两行 **MUL** 之外的没有多次切割。

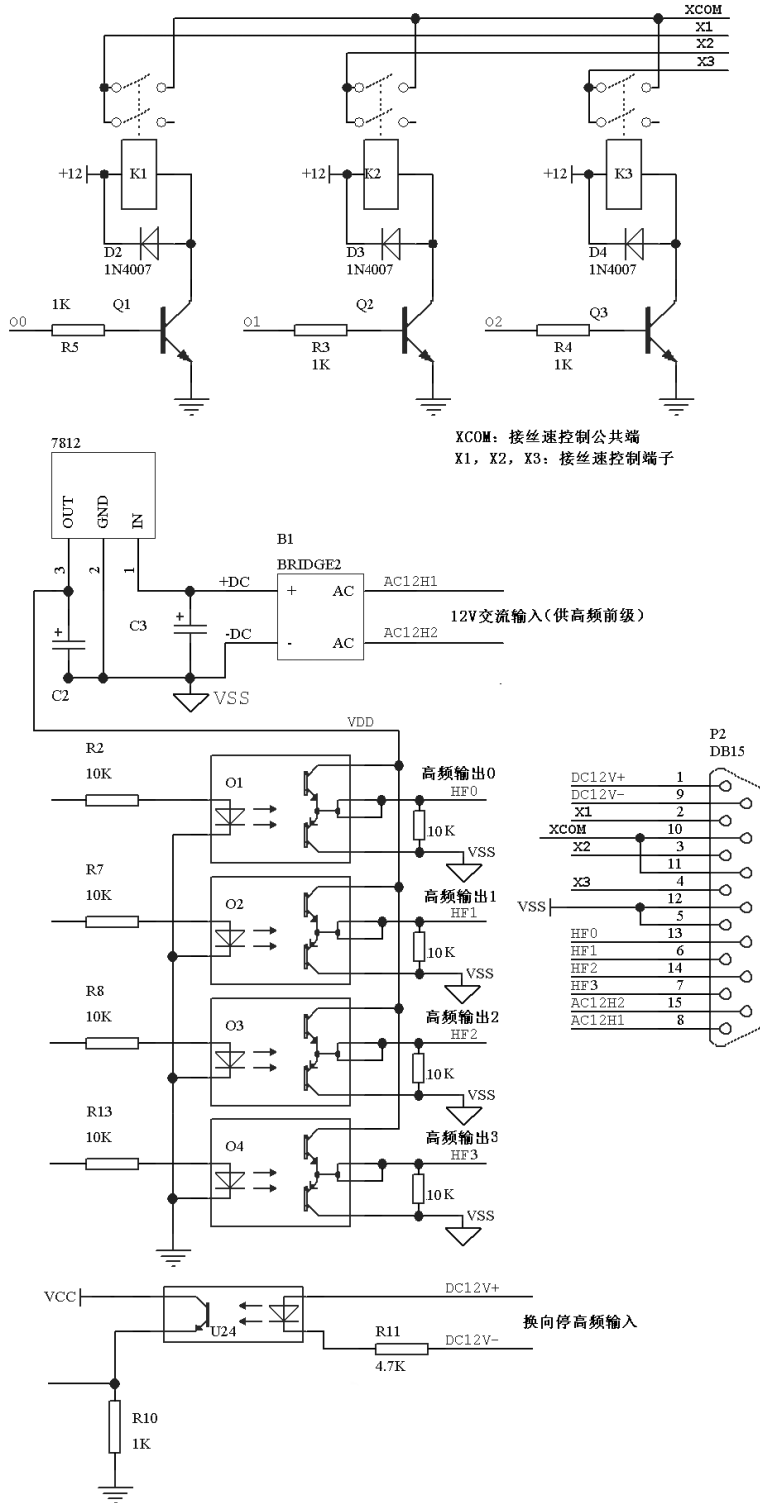
2: 加工参数比没加插 **MUL** 的普通多次切割需多一行参数, 第一行参数给没有多次切割的 3B 指令段使用, 第二行参数给多次切割的 3B 指令段的第一刀使用, 第三行给第二刀使用, 如此类推。

(五) 单次切割可分段选择不同的高频切割功能及使用方法:

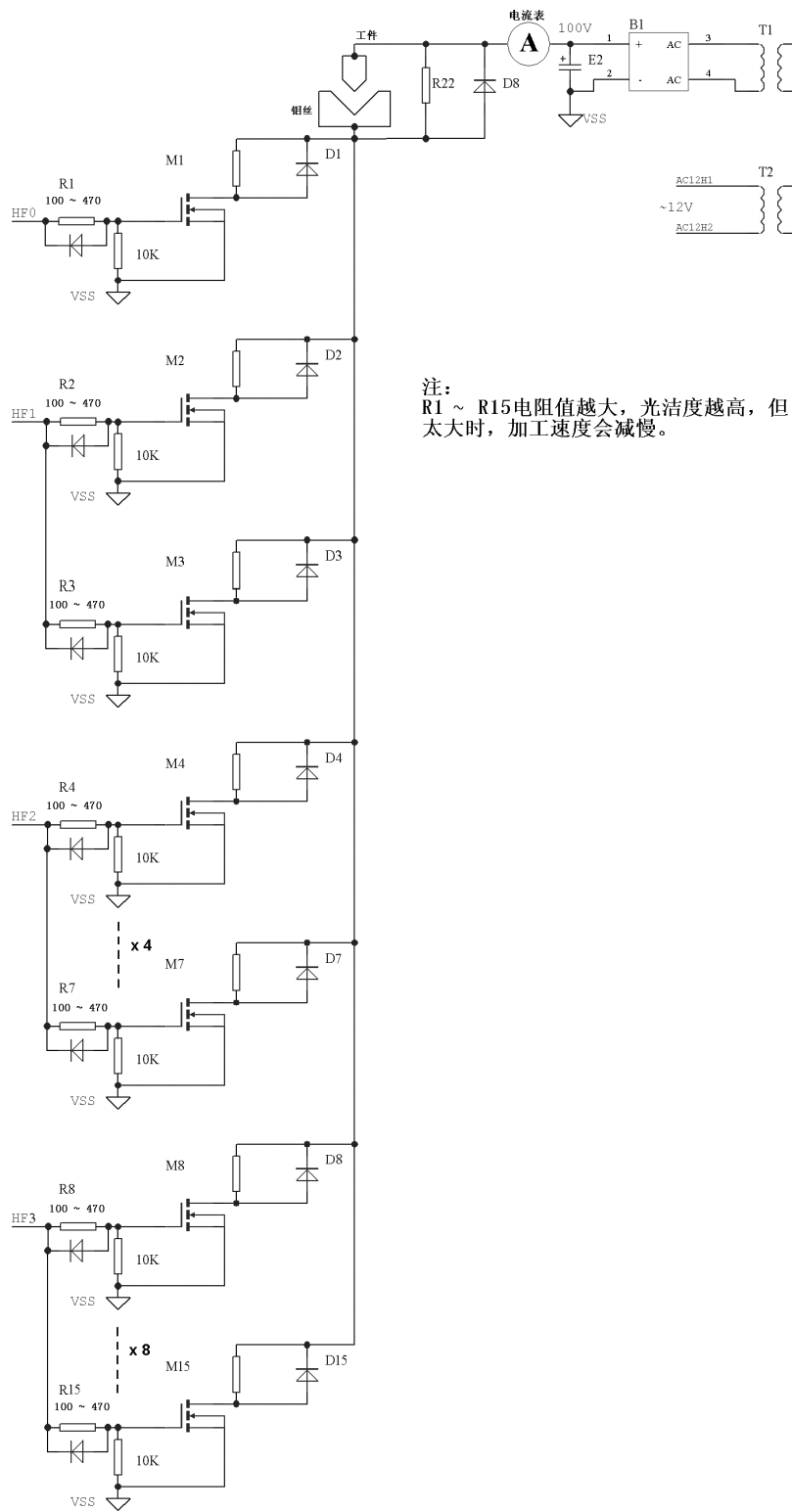
1: 在 3B 文件中加插“**R D**”命令行, **R** 和 **D** 中间要空一格。

2: 高频重复加工参数要设置 2 行参数, 第一行参数是给第一段无“**R D**”命令行的 3B 指令切割用, 第二行参数是给加插“**R D**”命令行对应的下一段 3B 指令切割用, 若下面 3B 程序段再无加插“**R D**”命令行, 就一直用第二行参数切割到结束为止。

3: 若加插: n 个“**R D**”命令行, 最多可加插 8 个“**R D**”命令行, 就需要在重复加工参数设置 1+n 行参数。



图二、高频输出与丝速控制接口图（专利号：ZL200620154454.5）



注：
R1 ~ R15电阻值越大，光洁度越高，但
太大时，加工速度会减慢。

图三、高频电源后级的建议接法

AUTOP 线切割编程系统用户指南

一、概 述

AUTOP 自动编程系统，是以微电脑为控制中心，在中文交互式图形线切割自动编程软件的支撑下，用户利用键盘，鼠标等输入设备，按照屏幕菜单的显示及提示，只需将加工零件图形画在屏幕上，系统便可立即生成所需数控程序。本自动编程软件具有丰富的菜单意义，兼有绘图和编程功能。它可绘出曲线，圆弧，齿轮，非圆曲线（如抛物线，椭圆，渐开线，阿基米德螺旋线，摆线）组成的任何复杂图形。任一图形均可窗口建块，局部或全部放大，缩小，增删，旋转，对称，平移，拷贝，打印输出，对屏幕上绘制的任意图形，系统软件快速对其编程，并可进行旋转，降列，对称等加工处理，同时显示加工路线，进行动态仿真，数控程序还可以直接传送到线切割控制主机。

二、系统启动操作

1. 进入系统后，显示：

----- 自动编程系统 -----

AUTOP 主菜单
0 · 退出
1 · 输入文件名

输入文件名 =

2. 取零件名称为 K1，按 1 键，机器提示如下：

输入文件名=K1 （按回车键）

如果已经有一个零件图形名称为 K1（即磁盘上有 K1.DAT 文件），则计算机将此图形调入内存，否则作为一个新的零件名称处理。

进入 AUTOP 图形状态后，在桌面上移动鼠标器，可以将光标移到任何位置。

三、系统命令简介

当进入自动编程系统时，屏幕如上所示。此时按下“0”键，退出AUTOP，返回DOS系统。按下“1”键，屏幕则显示，输入文件名：=

然后进入图形状态，如图3-1所示。从图中可看出，屏幕分四个窗口区间，即图形显示区，可变菜单区，固定菜单区，和会话区。移动鼠标，在所需的菜单位置上按ENTER键，则选择了某一菜单操作。

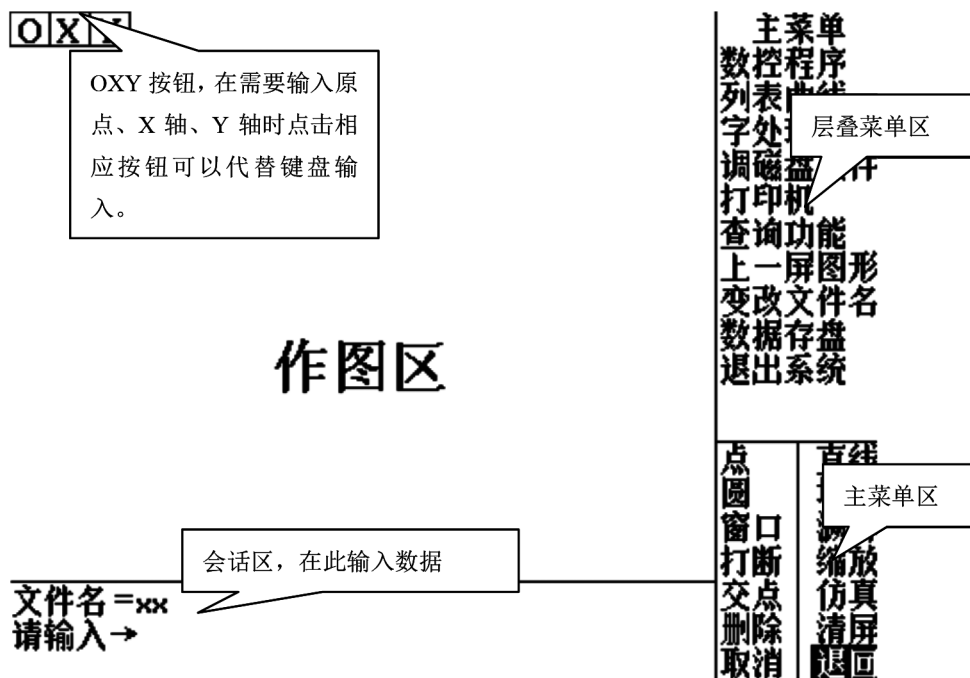


图 3 - 1：AUTOP 屏幕结构

3.1 主菜单

AUTOP 主菜单如下：

主菜单

数控程序----进入数控程序自动编程系统菜单

列表曲线----进入列表曲线菜单

字处理-----进入字处理操作

调磁盘文件----调入磁盘图形文件

打印机----进入打印机服务操作

查询功能----查询点，直线，圆，圆弧几何信息

上一屏图形----恢复上一屏图形

改变文件名----改变文件名

数据存盘----将图形数据存盘

退出系统----退出图形状态

3. 1-1 调磁盘文件

机器提示如下:

调磁盘文件

磁盘文件名=A1. DAT (ENTER—按回车键)

功能: 在绘制很复杂零件数控程序时, 将图形分解成几个部分, 分别存盘, 最后依次退出, 进行拼装。

★注意: AUTOP 中文件, 数据存盘时菜单以. DAT 为后缀存盘。

3. 1-2 查询功能

机器提示如下:

查询功能

查询(点, 直线, 圆, 圆弧) =

功能: 查询某一几何元素的信息, 用光标选取, 被查询几何元素的信息格式如下:

点: X, Y

直线: X1, Y1, X2, Y2, (X1, Y2) 直线起点, (X2, Y2) 直线终点; Beta= (角度), Length= (直线长度)。

圆: X=X0, Y=Y0, R=r0 (圆心坐标, 半径)

圆弧坐标: X=X0, Y=Y0, R=r0 (圆心坐标, 半径)

X1, Y1, X2, Y2 (起点, 交点)

3. 1-3 上一屏图形

屏幕显示:

上一屏图形

功能: 当图形被放大或缩小之后, 用此菜单经便恢复上一图形状态。

3. 1-4 改变文件名

屏幕显示:

原文件名=A1

改变文件名=B: A1

功能: 用于改变数据存储的文件目录

3. 1-5 数据存盘

屏幕显示

数据存盘(同时听到鸣呼声, 驱动器灯亮)。

功能: 将图形数据保留在磁盘上。以便调节器用。建立的文件名为*. DAT

3. 1-6 退出系统

屏幕显示

退出(Y, N) Y

数据存盘(Y, N) Y

功能：退出图形系统状态。

3. 2 固定菜单

点 ---- 进入点菜单	直线 ---- 进入直线菜单
圆 ---- 进入圆菜单	块 ---- 进入块菜单
窗口 ---- 建立窗口	满屏 ---- 满屏显示图形
打断 ---- 打断连线	缩放 ---- 图形按倍数放大或缩小
交点 ---- 求任意交点	仿真 ---- 仿真画出加工路线
删除 ---- 删除几何元素	清屏 ---- 清图形显示区
取消 ---- 取消上一部操作	退回 ---- 退回主菜单

3. 2-1 窗口

机器提示如下

左下点 按 [ESC] 键终止 (选择窗口左下点)

右下点 按 [ESC] 键终止 (选择窗口右上点)

3. 2-2 满屏

满屏幕显示整个图形

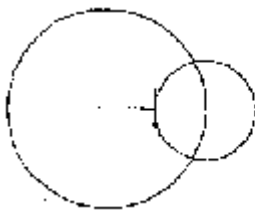
3. 2-3 打断

对直线，圆，圆弧二点之间的一段连线打断

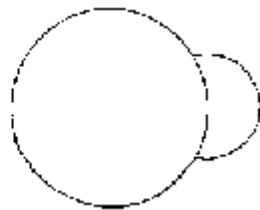
机器显示如下：

打断

用光标打断 (直线，圆，圆弧) 按 [ESC] 键终止



(A)



(B) 打断

3. 2-4 缩放

对图形按一定倍数放大或缩小

机器提示如下：

缩放

放大缩小倍数= 按 ENTER 键：

输入大于 1 的倍数，图形放大，小于 1 的倍数，图形缩小。

3. 2-5 交点

移动光标至需要求交点处，按回车键，自动求出准确的交点；

屏幕显示

交点

用光标提示点，按 [ESC] 键终止

3. 2-6 仿真

如果已经排好加工路线，执行此菜单，可画出实际加工路线。同时标注程序段号和加工方向。

3. 2-7 删除

对点，直线，圆，圆弧进行删除，键入 ALL 回车，则全部图形将被删除，如删除某一元素，只要将鼠标移动到被删除的元素上，再按 ENTER 键。

机器显示如下：

删除

删除（点，直线，圆，圆弧，ALL）=

3. 2-8 清屏

将屏幕清除干净，以便更清楚看到仿真加工路线。

3. 2-9 取消

如发现输入的数据或图形有错误，可取消，每次取消一步，可以一直取消到起终状态。

机器提示如下：

取消上一步输入的图形；

<Y/N>: Y

另外，为了方便操作，系统定义了几个专用键；

“ESC”键 ---- 鼠标器右按钮；中止执行某一种功能，退出会话；

“R”键 ----- 鼠标器中按钮；将全部图形重新画一遍；

“ENTER” --- 鼠标器左按钮；表示选取，也称为回车键；

“ I n s ” ---- 将全部辅助直线（无限长度线）删除；

“ v ” ---- 清屏幕；

鼠标器右按钮 ---- 在会话区出现（Y/N）时，等效于（N）键；

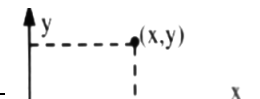
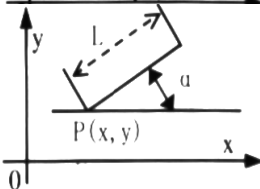
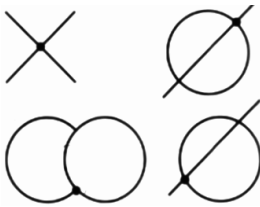
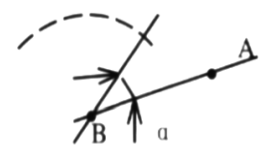
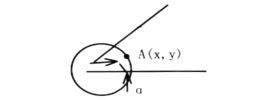
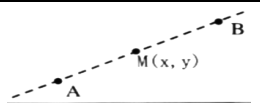
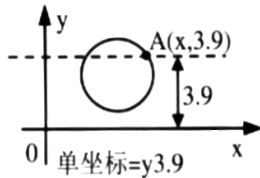
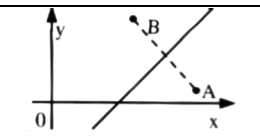
鼠标器左按钮 ---- 在会话区出现（Y/N）时，等效于（Y）键；

鼠标器 [左按键] + [右按键] ---- 将加工路线再画一遍。

四、图形输入操作

AUTOP 的图形菜单有点、直线、圆、以及列表曲线、函数曲线构成的各种非圆曲线。

4. 1 点菜单

菜单	屏幕显示	解释	图形
X, Y 点	点 $\langle X, Y \rangle =$ (若要选取原点, 可到屏幕左上角选取 0 点)	输入基本点 若用鼠标器选取圆, 圆弧, 可标圆心作为一个点	
极坐标点	极坐标点 极坐标原点 $\langle X, Y \rangle =$ 角度= 长度= (10.75 表示 10.75° , $10.75'$ 表示 $10^\circ 75'$)	求极坐标点 极坐标原点 极角 幅长	
CL 交点	CL 交点 \langle 直线, 圆, 圆弧 $\rangle =$ \langle 直线, 圆, 圆弧 $\rangle =$ $\langle Y/N \rangle :$ 出现 Y/N 时, Y 表示选中, N 表示没有	求任意二线, 圆, 圆弧的 交点 元素 1 元素 2 如有两个交点, 选取其中一个	
点旋转	点旋转 旋转点 $\langle X, Y \rangle =$ 绕点 $\langle X, Y \rangle =$ 角度 = 旋转次数 =	求点绕一点旋转 被旋转点 绕某点旋转 旋转角度 旋转次数	
圆上点	圆上点 圆= 角度=	求圆上一点 已知圆 圆上此角度处一点	
中点	中点 点 $\langle X, Y \rangle =$ 点 $\langle X, Y \rangle =$	求二点中点 第一点 第二点	
单坐标点	单坐标点 单坐标点 \langle 直线, 圆, 圆弧 $\rangle =$ 单坐标= $\langle Y/N \rangle :$	已知直线, 圆上一个坐标 求另一个坐标 已知元素 已知元素上一个坐标 X 或 Y 的一个值 选取一个点	
点对称	点对称 对称点 $\langle X, Y \rangle =$ 对称于直线	求点对称于直线 对称点 对称于直线	
光标任意点	用光标指任意点	用光标在屏幕上任意定一个点	
删除孤立点	删除孤立点	删除孤立的点	

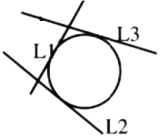

4.2 直线菜单

直线	屏幕提示	解释	图形
二点直线	二点直线 直线端点<X,Y>= 直线端点<X,Y>= 直线端点<X,Y>=	过一点作直线 起点 到一点 到一点	
点切于圆	点切于圆 点<X,Y>= 切于圆= <Y/N>:	求过一点切于圆的直线 过一点 切于圆 选择一条直线	
二圆公切线	二圆公切线 圆= 圆= <Y/N>:	求二圆公切线 第一个圆 第二个圆 选择一条直线	
点线夹角	点线夹角 点线夹角= 点<X,Y>= 直线= <Y/N>:	求过一点与直线成 α 夹角的直线 两直线夹角 α 过一点 与某一直线夹角 选择一条直线	
线圆夹角	线圆夹角 线圆夹角= 直线= <Y/N>:	求切于圆与直线成 α 夹角的直线 夹角 与某条直线成夹角 选择一条直线	
点射线	点射线 角度 点<X,Y>: 到直线, 圆, 圆弧= <Y/N>:	求过一点与 α 角度交于直线, 圆, 圆弧的直线 射线角度 α 过一点 射线交于某一元素 选择一条直线	
圆射线	圆射线 角度= 圆= <Y/N>: 到<直线, 圆, 圆弧>= <Y/N>:	求切于圆以 α 角度交于直线, 圆, 圆弧的直线 射线角度 α 切于圆 选择一条无限长直线 射线交于某一元素 选择一直线	
法向式直线	法向式直线 法向长度= 法向角度=	求法向式直线 法向长度 P 法向角度 α	

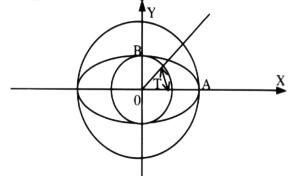
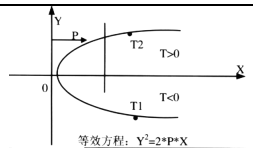
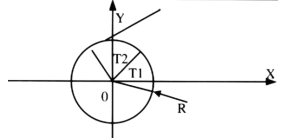
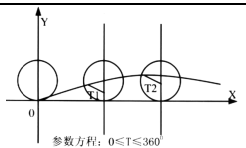
点+角度	点+角度 点<X, Y>= 角度=	求过一点角度为 α 的直线 过一点 角度为 α	
直线平移	直线平移 直线= 平移距离= <Y/N>:	求平移直线 已知直线 平移距离 d 选择一条直线	
直线对称	直线对称 对称直线= 对称于直线=	求对称直线 已知某一直线 对称于某一直线	
尾垂直线	尾垂直线 点<X, Y>= 长度= <Y/N>:	求一端在一直线上, 且垂直于 该直线, 长度为 d 的直线 已知直线的一端点 已知长度 d 选择一条直线	

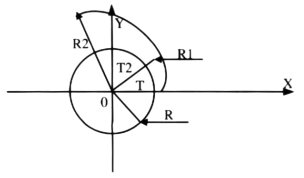
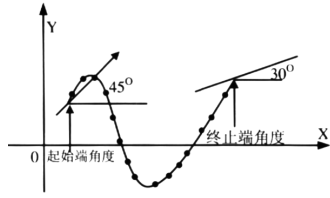
4.3 圆菜单

菜单	屏幕显示	解释	图形
圆心+半径	圆心+半径 圆心<X, Y>= 半径=	已知圆心和半径 圆心: X, Y; 原点 O, P/A; 或用鼠标器选取一个点 半径 1.25 表示半径 1.25 直径 2.33 表示半径 1.165	
圆心+切	圆心+切于点线圆 圆心<X, Y>= 切于<点, 直线, 圆>= <Y/N>=	已知圆心, 求切于点线圆的圆 已知圆心 切于点, 直线, 圆 选择一个圆	
心线+切	圆心直线+切于点线圆 半径= 圆心直线= 切于(点, 直线, 圆) = <Y/N>=	已知圆心位于直线上, 求切于 点, 线, 圆的圆 已知圆的半径 圆心位于某直线上 切于点, 直线, 圆 选择一个圆	
过点+切	过点+切于点线圆 半径= 点<X, Y>= 切于<点, 直线, 圆>= <Y/N>=	圆过一点, 已知半径, 求切于点, 线, 圆的圆 已知圆的半径 经过一点 切于点, 线, 圆 选择一个圆	

三切圆	三切圆 切于<点, 直线, 圆>= 切于<点, 直线, 圆>= 切于<点, 直线, 圆>=	求任意三个元素的公切圆 点, 线, 圆三个元素之一 点, 线, 圆三个元素之一 点, 线, 圆三个元素之一	
二端点圆	二端点圆 端点<X, Y>= 端点<X, Y>=	已知直径二端点, 求圆 已知端点 已知端点	
尖点变圆弧	尖点变圆弧 半径= 尖点<X, Y>=	将尖点修正为圆弧 已知圆弧为半径 尖点位置	
CL 圆弧	CL 圆弧 半径= <点, 线, 圆>= <点, 线, 圆>= <Y/N>=	求直线, 圆之间的过度圆 过渡圆半径 元素一 元素二 选择一个圆	
圆弧变圆	圆弧变圆 变圆弧	将圆弧变成圆 圆弧	
圆弧对称	圆弧对称 对称圆弧= 对称于直线=	将圆弧当直线对称 已知圆弧 对称于直线	
圆对称	圆对称 对称圆= 对称于直线=	将圆作直线对称 已知圆 对称于直线=	

4.4 列表曲线

菜单	屏幕显示	解释	图形
椭圆	椭圆 长半轴=a 短半轴=b 起始参数=t1 终止参数=t2	参数方程: $x = a \cos(t)$ $y = b \sin(t)$	
抛物线	抛物线 准距=p 起始参数=t1 终止参数=t2	参数方程: $x = 2pt * t$ $y = 2pt$	
渐开线	渐开线 半线=R 起始参数=t1 终止参数=t2	参数方程: $x = R(\cos(t) + \sin(t))$ $y = R(\sin(t) - \cos(t))$	
摆线	摆线 半径 R= 起始参数=t1 终止参数=t2	参数方程: $x = R(t - \sin(t))$ $y = R(t - \cos(t))$	

阿基米德螺线	阿基米德螺线 极角增量= 半径=R 起始参数=t1 终止参数=t2		
磁盘列表	磁盘列表 列表曲线文名= 有 起始 / 终止 端 角度 <Y/N>= 起始端角度= 终止端角度=	AA. LB 1,000, 0.341 2,000, 1.288 3,000, 0.244 4,000, -1.514 5,000, -2.144 6,000, -0.884 7,000, 1.738 8,000, 2.798	
输入列表	输入列表曲线 输入<X,Y>= 输入<X,Y>=	直接输入 X,Y 的坐标 按回车键结束 按[ESC]键中止 封闭曲线没有端点的 角度	
渐开线齿轮	渐开线齿轮 模数=m 齿数=z 压力角=x 编齿数=n 起始齿轮角度=β	基圆半径 $rb=mz/2 * \cos(x)$ 齿顶圆半径 $rt=mz/2+m$ 齿根圆半径 $rf=mz/2-1.25m$	

五. 图形编辑操作

5. 1 块菜单

AUTOP 块菜单可以对图形的某一部分或全部进行删除、旋转、拷贝和对称处理，对被处理的部分，首先必需用窗口建块或用增加元素方法建块，块元素以虚线表示。

5. 1-1 窗口建块

屏幕显示

窗口建块

左下点，按 [ESC] 键中止 ----- 指定窗口左下点，

右上点。按 [ESC] 键中止 ----- 指定窗口右上点。

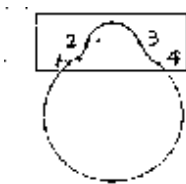


图 5-1 (A) 用窗口



(B) 建块后

5. 1-2 增加元素

机器提示如下：

增加元素

增加 (直线, 圆, 圆弧, ALL) =

如果仅需要增加某一元素到块中, 移动鼠标选取, 如果需要将全部图形作为块, 则键入 ALL 回车。

5. 1-3 取消块

屏幕显示

取消块

如果要将块标记取消, 执行 [取消块] 菜单, 虚线全部变为实线。

5. 1-4 删除块元素

屏幕提示

删除块元素

<Y/N>: Y

在需要删除很多元素时, 用窗口建块, 然后再按 [删除块元素] 菜单, 将块元素删除, 这种方法比 [删除] 更快。

5. 1-5 块旋转

屏幕提示

块旋转

绕点<X, Y>=绕某点旋转

角度=绕旋转角

旋转次数=旋转次数 (不包括本身)

图 5-2 是绕坐标原点, 旋转 120° , 2 次的结果。



图 5-2

5. 1-6 块拷贝

屏幕提示

块拷贝

块拷贝距离<DX, DY>=

拷贝次数

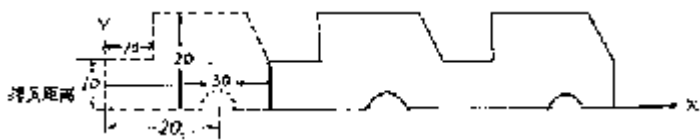


图 5-3 是拷贝距离 $\langle DX, DY \rangle = 30, 0$, 拷贝次数=2 的结果

5. 1-7 块对称

屏幕提示

对称于直线=对称于某一直线



图 5-4 将块元素作 X 轴对称

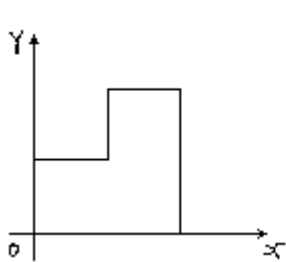
5. 2 相对坐标

AUTOP 提供相对坐标系, 以方便一些有相对坐标系要求的图形处理。

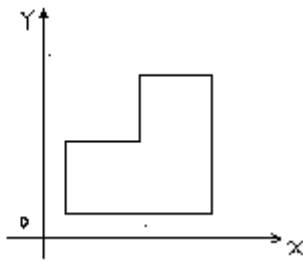
5. 2-1 相对平移

屏幕显示

相对平移 $\langle X, Y \rangle$ =相对平移距离



(A) 没有相对平移



(B) 平移 $\langle X, Y \rangle = 5, 5$

图 5-5 相对平移

5. 2-2 相对旋转

屏幕显示

相对旋转角度=绕原点旋转 A 角

如图 5-8 所示, 在做完左半部分图形之后, 将图形绕原点旋转 -30° , 则右半部分图形很容易输入。

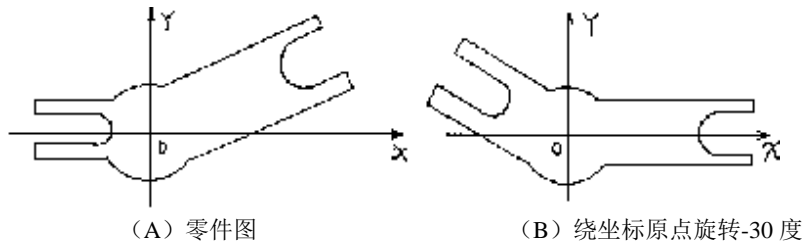


图 5-8 相对旋转

5. 2-3 取消相对

屏幕显示

取消相对

执行 [取消相对] 菜单, 可以将建立的相对坐标取消。

六. 自动编程操作

AUTOP 可自动排出加工路线, 对封闭图形可以进行旋转, 阵列及对称加工, 数控程序不仅可以存盘, 查询, 还能直接传送至线切割机床控制主机加工。

6. 1 加工路线

屏幕显示

起始点<X, Y>= 钼丝起刀点

<Y/N>; Y 沿虚线方向加工

尖点圆弧半径 尖点用 R 半径圆弧过度

1.3B/2.4B/3.2XY 按 1 键选用 3B 格式, 2 键选用 4B 格式, 3 键选用 ZXY 格式

间隙<左正右负>= 钼丝半径补偿量按左正可负原则

6. 2 取消旧路线

机器提示如下 是否取消原加工路线

<Y/N>; N 按 [N] 键, 不取消

起始点<X, Y>= 移动鼠标器选取点

<Y/N>; Y 选取逆圆加工方向

尖点圆弧半径= 尖点过度圆弧半径

间隙<左正右负>= 钼丝补偿原则; 左正右负

6. 3 阵列加工

机器提示如下

阵列加工

阵列距离 (DX, DY) = DX 为 X 轴间距离, DY 为 Y 轴间距离

X 轴数= X 轴方向排列个数

Y 轴数= Y 轴方向排列个数

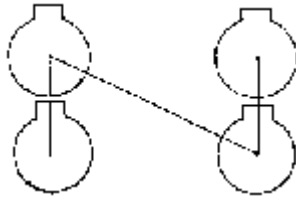


图 6-1 阵列加工

6. 4 旋转加工

机器提示如下

旋转加工

绕点= 绕一点进行旋转加工

旋转角度= 旋转角度

旋转次数= 共旋转加工次数 (不包括本身)

★ 注意: [旋转加工] 与 [块加工] 的实质区别: [块旋转] 用于图形编辑

6. 5 对称加工

屏幕显示

对称加工

对称于直线= 对称于某一直线进行加工

6. 6 齿轮加工

机器提示如下

加工渐开线齿轮

模数=m 齿轮模数M

齿轮=Z

压力角=α 压力角, 标准值 20°

变位系数=X b v 标准齿轮变位系数 X b v =0

齿顶圆系数 h a (1.0) = h a 标准齿轮 h a =1.0

齿顶圆系数 C a (0.25)=C a 标准齿轮 C a =0.25

齿根过度圆系数 g a (0.35)=g a 标准齿轮 g a =0.35

尖点圆弧半径= r 一般取尖点圆弧半径 r =0.2m m

起始点距离=D 引导线起点到齿轮圆心的距离

1,3B/2,4B/3,2XY= 选用格式

间隙(左下右负)= 处理间隙

6. 7 程序存盘

机器提示如下

XX 程序存盘 (同时, 驱动器灯亮, 蜂鸣器响一声)

存盘的信息如下:

Name:	零件文件名及格式
Conner:	尖点圆弧半径值
Offset F:	间隙补偿值
Length=	加工路线周长
Start Point=	加工路线起点坐标

★注意: 如零件编程起名为 A1, 选用 3B 格式, 存储数控程序名为 A1. 3B; 同理 4B 格式为 A1.4B; 2XY 格式为 A.ZXY

6. 8 看数控程序

用户在排出加工路线以后, 便得到其数控程序, 执行此菜单, 便可以全屏幕显示全部数控程序; 第一行, 第二行和第二十五行为固定行, 中间二十二行为全屏幕显示区, 主要信息如下:

Line	光标当前行号;
Col	光标当前列号;
Total	文件总行数;
Name	当前数控程序文件名

二十二行全屏幕编辑器定义如下:

[PgUp] 键	上翻一页
[PgDn] 键	下翻一页
[Ctrl] + [PgUp]	上滚一行, 光标不动
[Ctrl] + [PgDn]	下滚一行, 光标不动
[←] [→] [↑] [↓]	鼠标移动光标, 可全屏幕移动
[Home] 键	光标移到当前行首
[END] 键	光标移到当前行末

25 行功能菜单定如下:

[F4] Nc Data	按[F1]键, 可以反查询光标处理程序的几何坐标
[ESC] Exit	按[ESC]键退出全屏幕状态, 返回数控程序菜单

AUTOP:	Wordster	3B	Nc	Program
Line 1	Col 1	total 90	LnSert On	A: A3.3B
(22 行字符显示区)				
F1	Nc	Data	Esc	Exit

6. 9 送数控程序

机器显示如下

送 XX 数控程序

N C = XXX

按 [ESC] 键中止

传送某种格式数控程序

程序共 XXX 条语句

终止传送

6. 10 穿数控纸带

机器显示如下

穿数控纸带

N C = XXX

按 [ESC] 键中止

穿某种格式数控纸带

程序总语句条数

终止穿数控纸带

七. 数控编辑与打印输出

7. 1 字处理

机器提示如下:

字处理文件名=

如果该文件已存在, 则在字符区显示该文件内容

如果该文件不存在, 则字符显示区空白, 等待输入数据

AUTOP:	Wordstar	Edit	System
LineXX	Col XX	Totat XX	Insert On Name
22 行字符显示区			
F1	Print	F2 Run	F3 Save Esc Exit

第一、二、二十五行是固定显示区, 中间为二十二行字符显示区, 第二行为信息行, 信息如下:

Line	光标当前行号
Col	光标当前列号
Total	光标总行数

Name 当前字处理的文件名
Insert on/off 插入 ON/OFF 开关状态

7. 1-1 字处理功能键定义

第二十五行功能键定义如下:

[F 1] Frint----用打印机将编辑文件打印出来, 按 [ESC] 键终止打印

[F 2] Pun----如果输入文件是图形数据, 按 [F 2] 键做图形

[F3] Save----将被编辑的文件存盘

[ESC] Edit----退出全屏幕字处理环境, 返回到交互式图形状态如果被编辑文件已经被改动, 且没有存盘, 系统提示:

XX Not Save . Save Y/N):

按 [Y] 键存盘, 按 [N] 键不存盘

7. 1-2 列表曲线的输入

按图形坐标顺序从键盘用字处理菜单输入:

例如:

取文件名为 AA. LB, 输入格式如下:

1. 0 , 0. 311
2. 0 , 1. 286
3. 0 , 0. 244
4. 0 , -1. 514
5. 0 , -2. 144
6. 0 , -0. 684
7. 0 , 1. 738
8. 0 , 2. 788

输入时, X 坐标与 Y 坐标用逗号隔断, 一行只能输入一个点的坐标

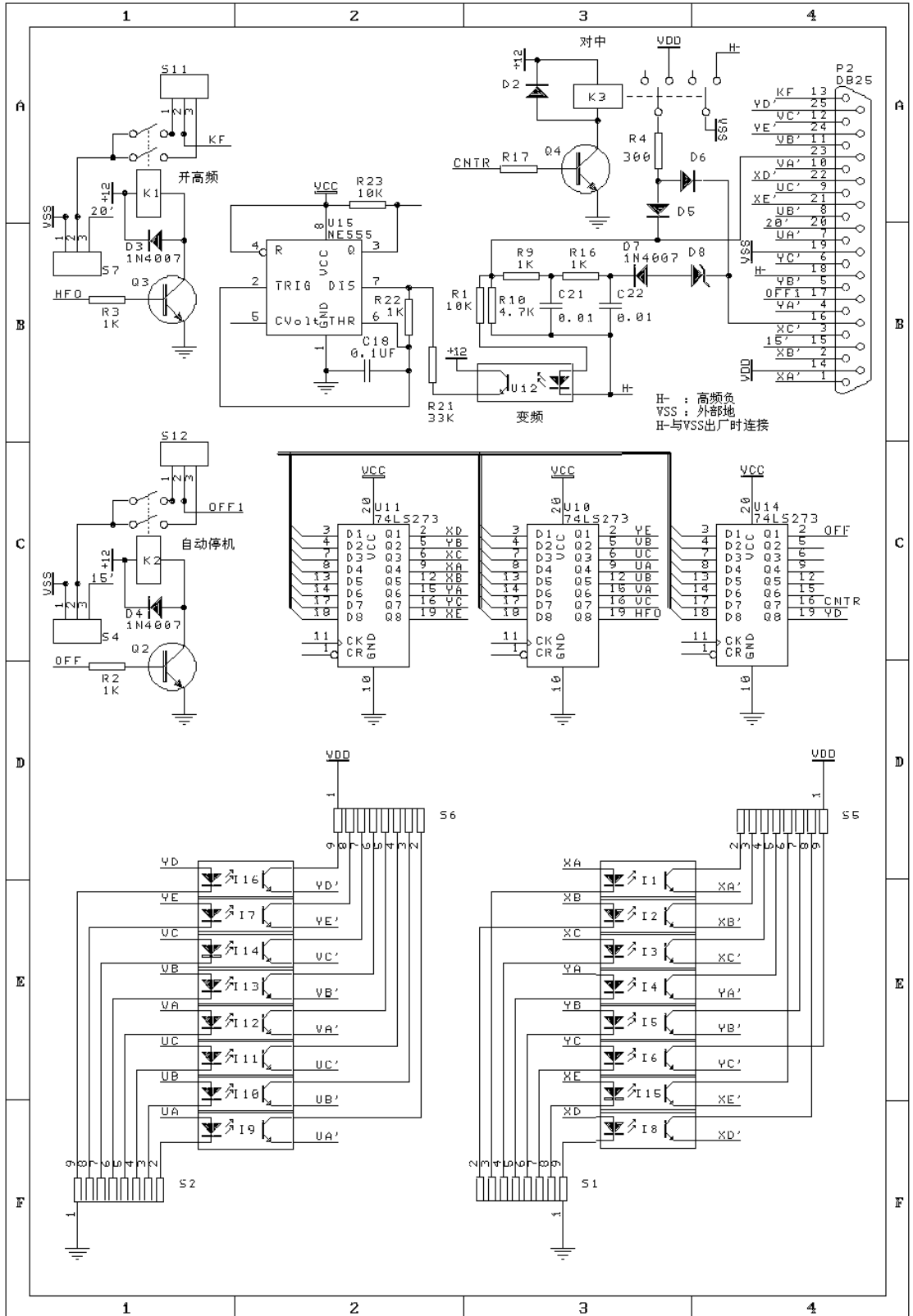
输入完毕, 按 [F3] 键存盘, 可用 [磁盘列表], 将 AA. LB 调入计算机。

7. 1-3 用字处理输入已知几何元素

在全屏幕字处理环境中, 可以直接输入点, 直线, 圆, 圆弧和拆线段, 格式规定如下:

点:	P=X, Y	点坐标 (X, Y)
直线:	L=X1, Y1; X2, Y2	起点 X1, Y1, 终点 X2, Y2
圆:	C=X, Y, R	圆心 (X, Y), 半径 R
圆弧:	A=X0, Y0; X1, Y1 X2, Y2, S (N)	圆心 (X0, Y0), 起点 (X1, Y2) 终点 (X2, Y2), S 为顺圆, N 为逆圆。

HL®卡接口原理图：（专利号：ZL200320116897.1, 200620058536.X）



HL-PCI 卡电路板安装图：（专利号：ZL200320116897.1，200620058536.X）

